

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra automatizační techniky a řízení

Model výrobního procesu – digitální dvojče

Model of Manufacturing Process –
Digital Twin

Student:

Kaňok Ondřej

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Lenka Landryová, CSc.

Zadání bakalářské práce

Student:

Ondřej Kaňok

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3902R001 Aplikovaná informatika a řízení

Téma:

Model výrobního procesu - digitální dvojče
Model of Manufacturing Process - Digital Twin

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s definicí a významem digitální dvojče a popište, co je v modelování výrobních procesů nového vzhledem k publikování tohoto pojmu.
2. Seznamte se s metodami modelování a popište metody vývoje modelů výrobních zařízení.
3. Zvolte proces a navrhnete vzhled jeho modelu ve vybraném vizualizačním prostředí.
4. Návrh modelu vybraného procesu realizujte ve zvoleném softwarovém prostředí.
5. Zhodnoťte dosažené výsledky a navrhnete směry dalšího řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

HOSTAŠA, Michal. *Interaktivní metody vizualizace dat v systémech supervizního řízení* [online]. Ostrava, 2016 [cit. 2019-10-08]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/115118>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

LANDRYOVA, Lenka, 2018. Simulation Modelling of Integrated Systems in Marine Technology. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 51(11), 490-495 [cit. 2019-12-12]. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.366. ISSN 24058963. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405896318314915>

KAPSA, Miroslav. *Grafické zobrazení dat z průmyslových aplikací* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2019-10-08]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/104788>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

MAŘÍK, Vladimír, 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Lenka Landryová, CSc.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020

doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

18.5. 2020

V Ostravě dne



Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

18.5.2020

V Ostravě dne



Podpis studenta

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Lence Landryové, CSc., za odborné vedení, trpělivost, rady a připomínky při zpracování této práce. Mé poděkování patří také mé rodině za podporu během dosavadního studia.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KAŇOK, O. *Model výrobního procesu – digitální dvojče: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra automatizační techniky a řízení, 2020, 58 s. Vedoucí práce: Landryová, L.

Cílem této bakalářské práce je seznámit se s pojmem Digitální dvojče a zjistit, co je nového v této oblasti. Dále popsat metody modelování a vývoje výrobních zařízení. V praktické části jsou pak vypracovány rekonstrukce funkčních modelů ze starých verzí do verze nové ve vizualizačním softwaru InTouch. V závěru je zhodnocen výsledek práce a navrženy další směry řešení.

Klíčová slova: Digitální dvojče, InTouch, Průmysl 4.0, rekonstrukce, simulace, vizualizace.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KAŇOK, O. *Model of Manufacturing Process – Digital Twin: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Control System and Instrumentation, 2020, 58 p. Project head: Landryová, L.

The purpose of this Bachelor Thesis is to get acquainted with the concept of Digital Twin and find out what is new in this area. Then describe methods of modeling and development of production facilities. In the practical part, reconstructions of models from old versions to a new version are created in the visualization software InTouch. In conclusion, the outcome of the work is evaluated and further solutions are proposed.

Key words: Digital Twin, Industry 4.0, InTouch, reconstructions, simulation, visualization.

Obsah:

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 9 |
| 2 | Digitální dvojče..... | 10 |
| 2.1 | Využití při modelování prvků | 11 |
| 2.2 | Využití při výrobě a výrobních postupech | 11 |
| 2.3 | Digitální podnik | 12 |
| 3 | Modely výrobních zařízení | 15 |
| 3.1 | Digitální dvojče výrobních zařízení | 16 |
| 3.2 | Digitální dvojče stroje s monitorovanými veličinami | 17 |
| 3.3 | Prostředí pro programování digitálních dvojčat robotů | 18 |
| 3.4 | Digitální dvojče procesu | 19 |
| 3.5 | Rozšířená realita..... | 19 |
| 4 | Návrh vzhledu modelu ve vizualizačním prostředí InTouch | 21 |
| 4.1 | Možnosti datových zdrojů a jejich zpracování..... | 21 |
| 4.2 | Příklad sběru a zpracování dat | 22 |
| 4.3 | Rekonstrukce modelů procesů | 26 |
| 4.3.1 | Model pohybu tělesa na pružině a tlumiči | 26 |
| 4.3.2 | Model dvoupolohové regulace tepelné soustavy..... | 31 |
| 4.3.3 | Rekonstrukce kyvadla | 34 |
| 4.3.4 | Rekonstrukce plnění nádrže | 36 |
| 4.3.5 | Rekonstrukce plnění materiálu na skládce | 37 |
| 4.3.6 | Rekonstrukce teplovzdušného agregátu | 40 |
| 5 | Závěr | 48 |
| | Literatura..... | 49 |
| | Příloha – skripty vizualizací..... | 53 |

Použité symboly a zkratky

AR – Augmented reality

CAD – Computer Aided Design

DDE - Dynamic Data Exchange

HMI – Human–Machine Interface

MS SQL – Microsoft Structured Query Language

IoT – Internet of Things

I/O – Input/Output

OPC – Open Platform Communication

PLC – Programmable Logic Controller

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

1 Úvod

V průmyslu se v dnešní době čím dál více snažíme řídit vše počítačově a automaticky za pomoci robotů, které urychlují výrobu a jejich provozní náklady jsou minimální. Takle moderní doba je označována jako „Průmysl 4.0“. Nedílnou součástí tohoto pojmu je vizualizace a monitorování dat všech procesů a jejich automatické řízení. Důležitou součástí je právě digitální dvojče. Tato práce se soustředila na jeho definici a rozdělení a využití digitálního dvojčete v technické praxi.

Další část této práce se zabývá možností tvorby a vývoje výrobních zařízení pomocí programů k tomu určených. V úvodu tohoto bodu jsou popsány možnosti využití těchto modelů. Nachází se zde v podkapitolách stručně popsané softwary pro tvorbu digitálních dvojčat výrobních zařízení, které jsou Visual Components, MapleSim, CIROS Studio, Tecnomatix Process Simulate.

V závěru práce je zde vytvořeno 6 rekonstrukcí vizualizací ze staré verze vizualizačního prostředí v programu InTouch7.0 do nové verze InTouch10.0, který je prve popsán a jsou zde uvedeny možnosti zdrojů informací a jejich zpracování. Rekonstrukce jsou vytvořeny k modelům pohybu tělesa na pružině a tlumiči, dvoupolohová regulace soustavy, kyvadlo zavěšené na tuhém rámu, plnění nádrže s přítokem a odtokem, plnění materiálu na skládce a na závěr vizualizace teplovzdušného agregátu, která je vytvořena ke skutečnému systému. Na úvod každé vizualizace je popis jejich funkcí a popis rozdílů staré a nové verze. Tyto vizualizace mohou sloužit jako podklad pro vytvoření příslušných modelů k nim.

2 Digitální dvojče

Digitální dvojče je velkou částí nového pojmu „Průmysl 4.0“. Jedná se o virtuální formu skutečných objektů nebo celých výrobních systémů se skutečnými rozměry a vlastnostmi. V roce 2002 jej definoval Michael Grieves jako porovnání navrženého výrobku s výrobkem reálným. Po čase se tento nápad rozšířil a dnes se využívá jako replika reálného objektu nebo k vizualizaci procesů celkově. [1] Digitální dvojčata mohou být sestrojena k již reálnému objektu nebo k objektu teprve navrženému. Tuto formu můžeme testovat jako v reálném světě pomocí matematických modelů objektu. Tím se dá zjistit mnoho nedostatků nebo rizik systémů, které by mohly mít ve skutečnosti až fatální následky. Následky nehod nebo poruch lze pomocí Digitálních dvojčat přímo zobrazit ve virtuální podobě. [2], [3], [4] Hlavním úkolem digitálních dvojčat je usnadnit procesy, ušetřit peníze a čas a zajistit bezpečný a efektivní chod systémů. Mohou být také využívána přímo k řízení a vizualizaci systémů v reálném čase a prostoru za pomoci sběru dat sensory a snímači navzájem propojené sítě, čemuž se říká Internet věcí (IoT). Digitální dvojčata jsou propojena se skutečným objektem a navzájem komunikují, objekt vysílá data do digitálního dvojčete, to vyhodnotí data a pak případně může ovládat tento objekt. [5], [6], [7]



Obrázek 1 Digitální dvojče větrné turbíny [8]

Digitální dvojčata můžeme dle úrovně rozdělit na:

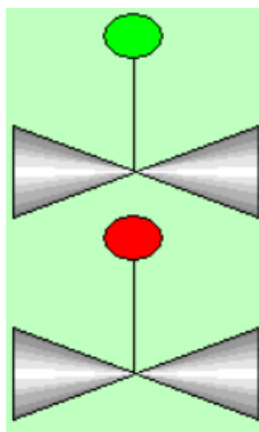
- Jednotková úroveň (Unit level) – promítá pouze jednotlivé části, jako například ventily,
- Úroveň systému (System level) – tato úroveň digitalizuje celou linku
- Systém systému (System of system) – může představovat celý digitalizovaný podnik. [9]

Dle funkčnosti:

- Pasivní – pouze informativní, nezasahuje přímo do procesu, jen vizualizuje nebo vyjadřuje vlastnosti, stav, vzhled apod.
- Aktivní – kromě informativní funkce může zasáhnout přímo do procesu a změnit tak vlastnosti nebo chování systému, je velkou a nedílnou součástí automatizovaného průmyslu a je schopen sám řídit systémy (např. termostat)

2.1 Využití při modelování prvků

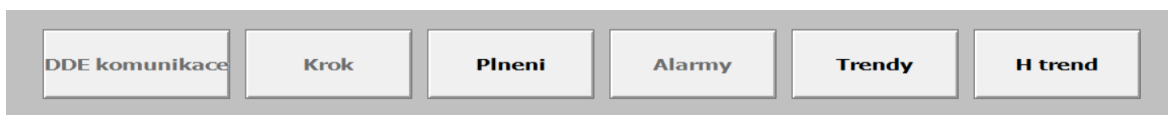
Jedná se o šablony zařízení, které vizualizují na obrazovku skutečná zařízení, jako například ventily. Zobrazuje se jejich skutečný stav například pomocí barev nebo textu nebo zobrazuje aktuální hodnoty a lze prvek ovládat. Vizualizace je propojená na autorizovaná přihlášení obsluhy, čímž se určuje, kdo prvky a zařízení ovládá.



Obrázek 2 Ventily a jejich stav znázorněný barvou v aplikaci InTouch

2.2 Využití při výrobě a výrobních postupech

Při výrobě lze sestavit model výrobku pomocí určitého softwaru, který následně určí mnoho různých možných variant výrobních postupů. Šetří tak celkový čas návrhu výrobního postupu ale i čas výrobního postupu samotného. Jednotlivé části výroby jsou pak propojeny pomocí více ovládacích oken nebo pomocí více obrazovek na sebe navazujících.



Obrázek 3 Příklad tlačítek pro přepínání oken v aplikaci InTouch

Před vytvořením výrobní linky lze vytvořit digitální dvojče i celé této linky se všemi náležitostmi a poté vyhodnotit její navržení a případné úpravy pro vylepšení. Digitální dvojče dokáže určit, zda je výhodnější robotická automatizovaná linka nebo linka s obsluhou lidí, jak nákladná výroba bude apod. Využívá se dokonce i pro rekonstrukci linky nebo rozšíření výroby o další linky, haly atd. [10]

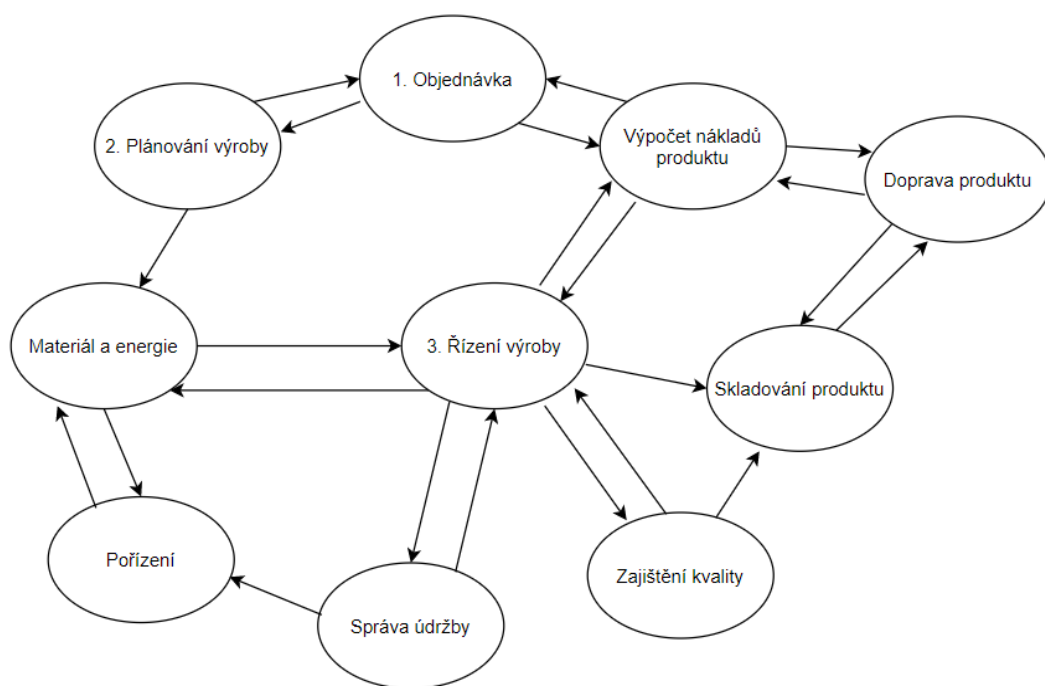
2.3 Digitální podnik

Digitální podnik je velkou výhodou podniků. Jedná se o celkové digitální propojení celého podniku, řízení výroby, komunikace se zákazníkem nebo dodavatelem atd. Přínosem je možnost řídit vše z jednoho místa či počítače.



Obrázek 4 Digitální dvojče podniku [11]

Přináší to možnost sledovat výrobu, výrobek, stav linky atd. Digitální dvojče sbírá informace z výroby a samotnou výrobu může řídit a měnit její parametry přímo v procesu podle normy ISA 95. Lze tak lépe vyhovět podmínkám zákazníka.



Obrázek 5 ISA 95

V digitálním podniku je jednodušší přijít na vylepšení pro výrobu, inovace, lepší podmínky a taky rychlejší produktivitu. Rychlost produktivity je klíčovou vlastností digitálních podniků. Jednotlivé části procesu mezi sebou dovedou komunikovat a tím zajistit přesný a rychlý proces výroby. Digitální dvojče podniku může ukázat i následky nežádoucích scénářů, jako například vzpříčení palety apod. Tuto chybu by měl v budoucnu být schopen systém sám identifikovat a vyhodnotit nejlepší odstranění závady pomocí umělé inteligence a taky navrhnout řešení pro vyhnutí se této události. Řídicí systém je schopen sám vyhodnotit pořadí a technologii zakázek tak, aby produktivita byla co největší. Před zavedením do provozu díky digitálního dvojčete lze nasimulovat provoz a vyzkoušet tak předem funkčnost a efektivitu výroby, vyhodnotit nedostatky a navrhnout vylepšení. Dále může sledovat údržbu, upozornit na potřebu výměny olejů, ložisek nebo nástrojů, které jsou již opotřebené atd. [10], [11]



Obrázek 6 Skutečný a virtuální provoz [11]

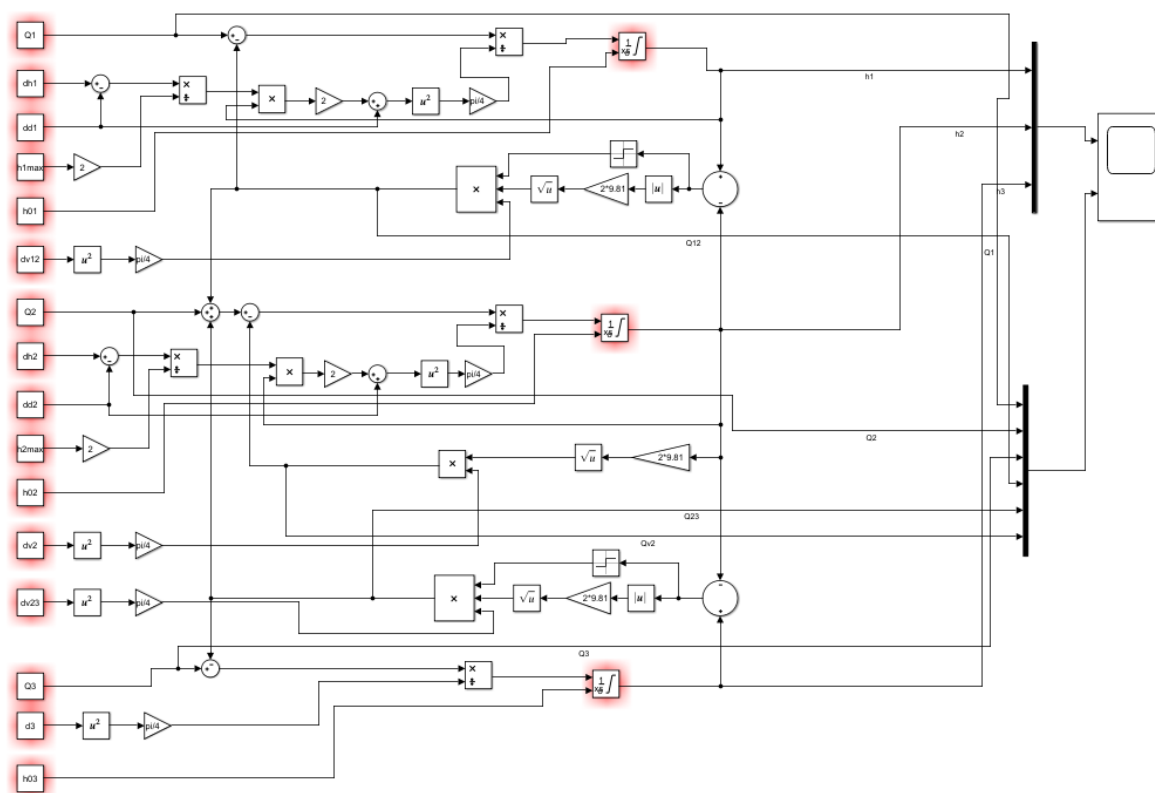
Tyto řešení nabízí operační systém MindSphere od firmy Siemens. Tento systém umožňuje propojení ke cloudu a sběr dat zařízení, sensorů, strojů, přístrojů atd. Ty vytváří tzv. Big Data (velké množství dat), které jsou uložena na cloudu a systém s nimi dokáže dále pracovat tak, aby se zvýšila kvalita, efektivita, produktivita a bezpečnost výroby. [11]



Obrázek 7 Portfolio digitálního podniku systému MindSphere [11]

3 Modely výrobních zařízení

Modely výrobních zařízení vychází z jejich matematických modelů. Ty jsou tvořeny základními fyzikálními zákony. S těmito modely pracuje například program Matlab, ve kterém lze vložit buď stavový model systému nebo vytvořit blokové schéma systému v aplikaci Simulink a zobrazit tak průběh sledovaných veličin v čase.



Obrázek 8 Ilustrativní blokové schéma modelu v prostředí Matlab Simulink

Původně byly modely softwarově vázané na 2D objekty, pokročilejší softwary dnes zvládnou i 3D objekty a jejich simulaci. Modely složitých zařízení se vytváří pomocí softwarů k tomu určených. Tyto softwarové prostředí reprezentují naprogramovaný kód matematického modelu. Modely mohou být vytvořeny před sestrojením reálného prototypu zařízení, a to z důvodu testování a návrhu na vylepšení, nebo mohou být vytvořena k reálnému zařízení, ke kterému je propojeno a komunikuje s tímto zařízením.

3.1 Digitální dvojče výrobních zařízení

Visual Components je program vytvořený pro tvorbu digitálních dvojčat výrobních zařízení nebo celé továrny. Program dokáže ukázat důvěrnou simulaci procesu, která zahrnuje reálné fyzikální vlastnosti. Tento systém má obsaženou vlastní knihovnu s prvky nebo příkazy pro funkce zařízení.

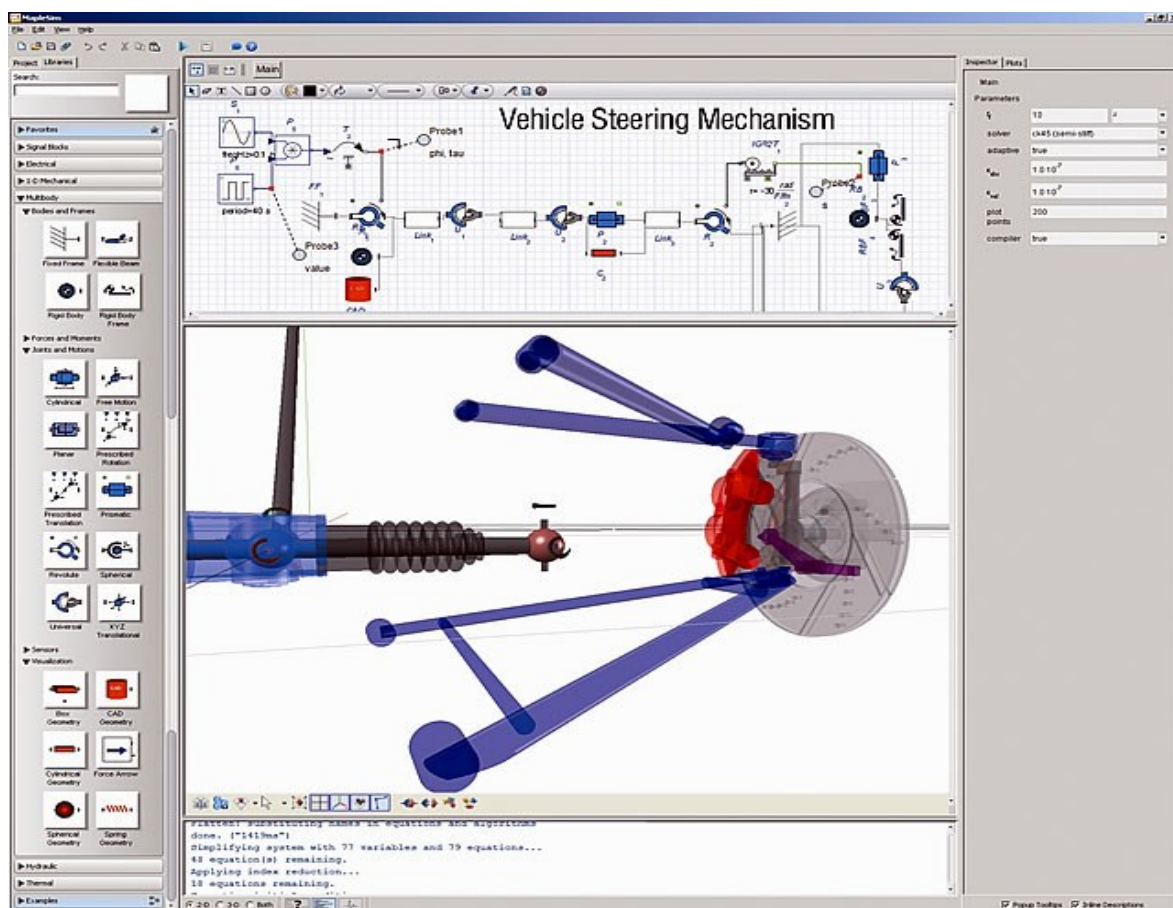


Obrázek 9 Prostředí programu Visual Components [13]

Je velice výhodný pro obchody, přednastavené digitální dvojče lze rychle přizpůsobit různým požadavkům zákazníka, takže se nemusí systém celý předělávat od základů. Do programu lze importovat součásti vytvořené ve 3D programu CAD. Mohou být vytvořeny celé linky ještě před jejich realizací a zjistit tak jejich budoucí efektivitu, produktivitu, spolehlivost i bezpečnost. Tím se dá také zjistit, jak rychle se investice investorovi vrátí. V digitálním dvojčeti je možné v tomto programu provést různé změny a inovace linky nebo zařízení a zjistit tak, jestli se tato změna vyplatí nebo ne ještě před její realizací. Systém je schopen předejít haváriím, jako například kolize robotů. Proces simulace je založen na matematickém modelu systému. Systém je schopen sám vyhodnotit co nejefektivnější plánování výroby. V systému lze i programovat roboty, jejich pohyby jsou hladké a dokáže tak šetřit energii a snižuje opotřebení částí robotů. [12], [13]

3.2 Digitální dvojče stroje s monitorovanými veličinami

MapleSim je nástroj pro vytvoření digitálních dvojčat. Tento software slouží k testování a simulaci objektu před jejich realizací nebo přímo k řízení těchto objektů. Do programu lze importovat předem vytvořené modely z CAD programů anebo přímo z knihovny a utvořit tak celkový virtuální model stroje a ten následně otestovat. Dokáže tak pomoci odhalit chyby před uvedením do provozu nebo ukázat výhody a nevýhody různých inovací zařízení. [14], [15]

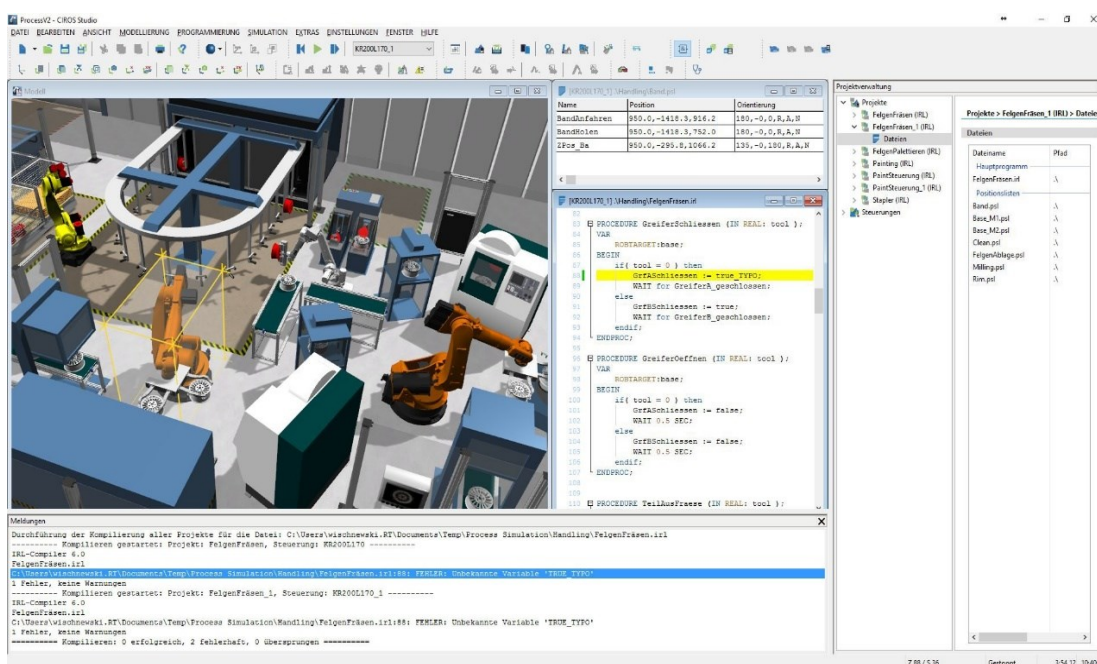


Obrázek 10 Prostředí programu MapleSim [16]

Systém sám vytvoří všechny potřebné rovnice modelu. Každou komponentu lze navázat na reálnou část. Tento software pomáhá při předvádění produktu na trhu pomocí simulací, které jsou v programu možné vytvořit. [16] Program může i ukázat přenosy tepla a zahřívání zařízení. Upozorní tak na možné přehřátí systému přímo v simulaci. Při předem definovaných požadovaných vlastnostech je schopen program při simulaci ukázat potřebné síly a točivé momenty pro pohon a pomáhá tak určit typ motoru. [17]

3.3 Prostředí pro programování digitálních dvojčat robotů

CIROS studio je nástroj pro tvorbu 3D modelů výrobních zařízení a simulaci procesů. Lze zde vytvářet náročnější vizualizace procesů i celých pracovišť. [18] Do pracovišť lze vložit i virtuálního člověka, který má až 30 stupňů volnosti. Tyto modely můžeme propojit s reálným systémem. Modely se sestavují pomocí předem definovaných knihoven komponentů nebo jednoduché komponenty lze sestavit přímo v programu. Je zde možný i import předem vytvořených komponent v programu CAD. Následně se definuje jejich kinematika spojená s fyzikálními zákony jako tření, náraz, rychlosti a zrychlení. Fyzikální zákony jsou založeny na softwaru NVIDIA PhysX. Program dokáže simulovat i chování různých sensorů. Simulace dokáže ukázat následky různých kolizí např. kolizi robotů. Pro výuku má CIROS studio ve svých knihovnách uložené některé předem definované simulační modely, které dokážou ukázat funkci softwaru, kde lze jednoduše simulovat závadu některých komponent a pozorovat tak jejich následky. Komunikace s reálným prvkem lze přes OPC klienta pro komunikaci s jakýmkoliv počtem OPC serverů s připojením s jakýmkoliv počtem PLC. [12], [19]



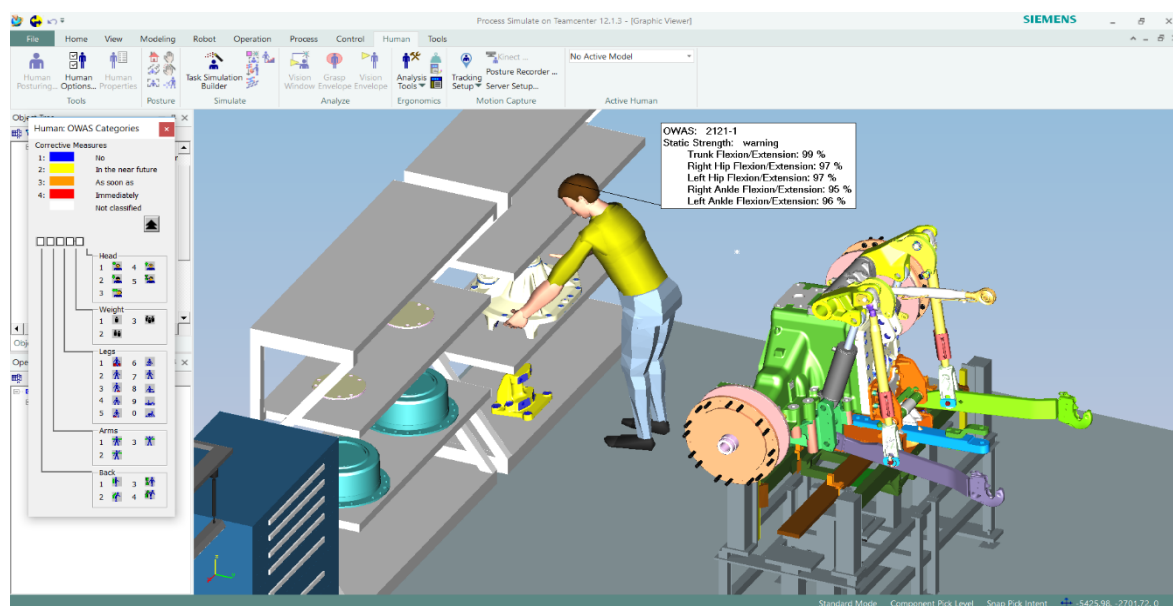
Obrázek 11 Prostředí programu CIROS Studio [20]

Program umožňuje přímo programovat roboty pomocí programovacích jazyků:

- IRL,
- MELFA BASIC, RCI Explorer – pro roboty značky Mitsubishi,
- KRL – pro roboty značky KUKA,
- RAPID – pro roboty značky ABB,
- V+ – pro roboty značky Adept a Stäubli [20]

3.4 Digitální dvojče procesu

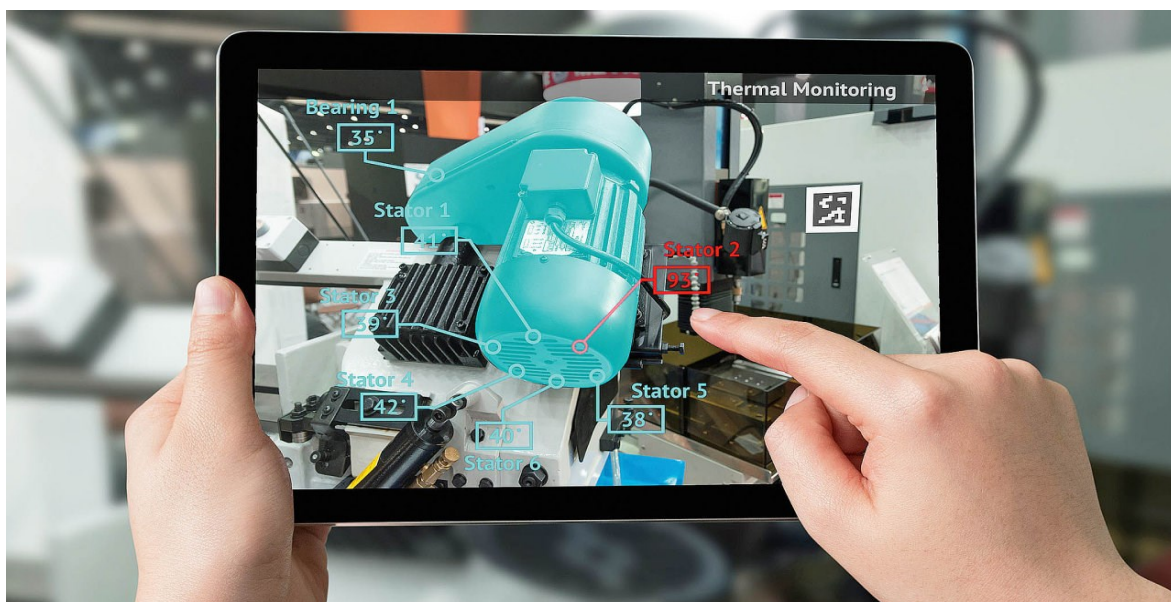
Tecnomatix Process Simulate je program pro tvoření 3D simulace od firmy Siemens. Software je založen na co největší urychlení, optimalizaci výrobních zařízení a zvýšení kvality výroby. Program nemá své knihovny, takže se komponenty musí importovat z jiných programů a následně jim přidělovat jejich kinematiku. Do programu je možné nasimulovat lidi a lidský faktor. Lidi lze vložit do simulace jako model nebo pomocí sensorů snímat skutečného člověka sestrojít k němu simulační dvojče. Systém vyhodnocuje bezpečnost kolizí a zároveň vyhodnotí pohyb robotů pro co nejrychlejší proces výroby. Vytvořený model lze propojit se skutečným zařízením přes OPC klienta pomocí PLC. [22], [23]



Obrázek 12 Prostředí programu Tecnomatix Process Simulate [21]

3.5 Rozšířená realita

Augmented reality neboli rozšířená realita je dnes nejmodernější formou vizualizace. Pomocí AR je možné sledovat skutečné objekty rozšířené o digitální prvky. Rozšířenou realitu lze zobrazit pomocí mobilu nebo tabletu s kamerou nebo příslušnými brýlemi pro rozšířenou realitu, kterou se namíří na požadovaný prvek a systém jej rozpozná a doplní o digitální prvky. V průmyslu lze AR využít pro ukázkou objektu zákazníkovi, sledovat na rozšířené realitě chování prvků nebo například pro rychlou identifikaci závady na zařízení. To přináší výhodu pro firmy a zaměstnance při údržbě nebo montáži zařízení, kdy může přímo navigovat pracovníka, a dokonce i kontrolovat a upozornit na chybu v postupu.[22], [23]



Obrázek 13 Rozšířená realita [23]

4 Návrh vzhledu modelu ve vizualizačním prostředí InTouch

Vzhled modelů je vytvořen ve SCADA/HMI aplikaci Wonderware InTouch. Tento program slouží pro vizualizaci a ovládání prvků a procesů v reálném čase. Mimo aktuální hodnoty vstupů a výstupů dokáže systém ukládat data do databáze MS SQL pro další vyhodnocení dat. Program obsahuje možnost vytvoření skriptu, kterým se dá vytvořit požadovaný děj nebo cyklus. [24], [25]

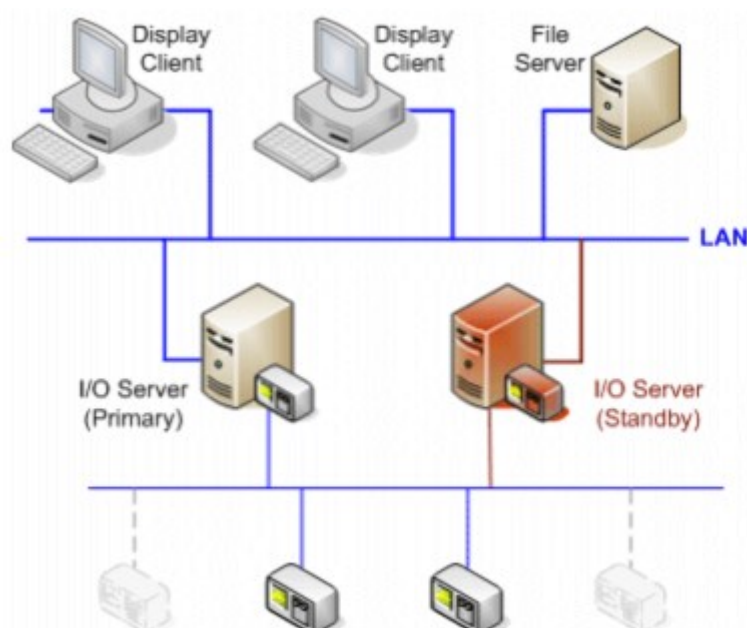


Obrázek 14 Vzhled programu InTouch [24]

V programu existují 2 hlavní druhy datových typů, a to memory a I/O. Datové typy memory slouží pro simulace bez napojení na prvek, pokud např. známe matematický model systému tak jej můžeme nasimulovat pomocí těchto proměnných, nebo může sloužit jako pomocná pro výpočty a další funkčnosti modelu. Datové typy I/O slouží pro komunikaci mezi reálným modelem a vizualizací. Může buďto ukazovat naměřenou hodnotu nebo vysílat akční zásah do systému. Oba typy můžeme dále rozdělit na Real, který zahrnuje všechny reálná čísla, Integer, který zahrnuje pouze celá čísla a poslední Discrete, který má vlastnost pouze 0/1 neboli vypnuto/zapnuto. [26]

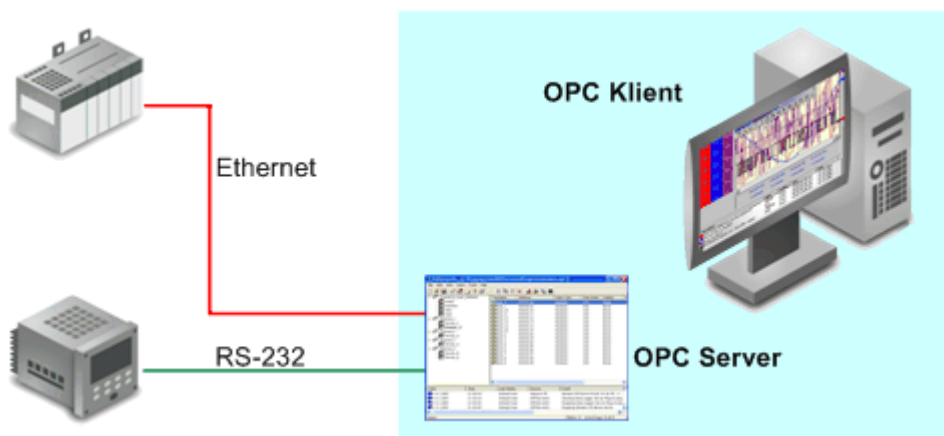
4.1 Možnosti datových zdrojů a jejich zpracování

Sběr dat se provádí pomocí I/O serverů buď rovnou od Wonderware softwaru nebo softwaru jiných firem, které komunikují s příslušnými I/O kartami. [24], [25]



Obrázek 15 Schéma I/O komunikace [27]

InTouch podporuje také komunikaci pomocí OPC serverů, které přijímaná data z různých typů PLC, jako například Modbus, Siemens Simatic, Mitsubishi atd., převádí do OPC standardizovaného formátu čitelného pro OPC klienta, což jsou vizualizační programy. [24], [25], [28]

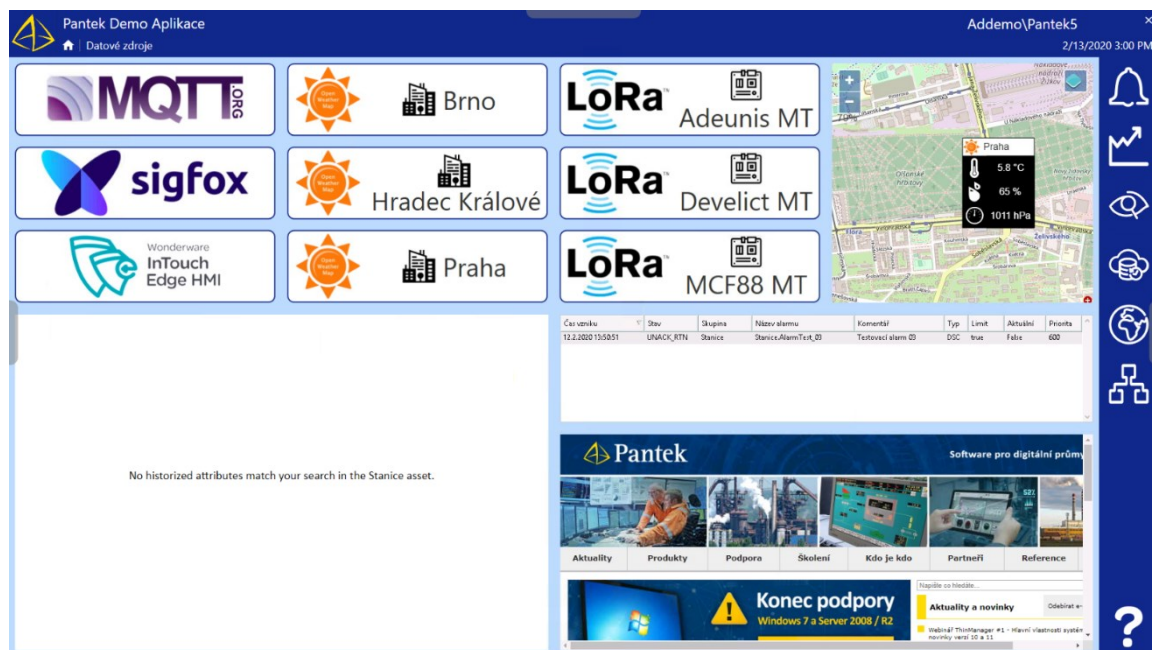


Obrázek 16 Schéma OPC komunikace [28]

Další možnost zdrojů a zpracování dat jsou přes DDE servery, které slouží pro výměnu dat mezi několika aplikacemi. DDE servery využívají zdroje z aplikací, jako třeba Excel, Access, Matlab a další. [29]

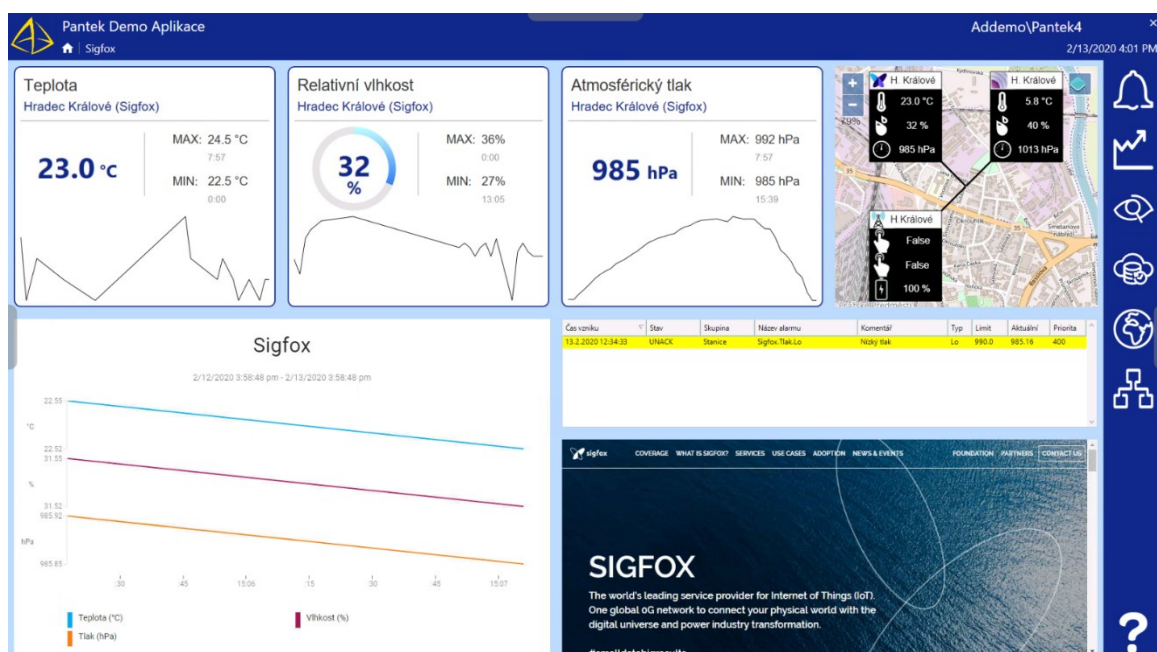
4.2 Příklad sběru a zpracování dat

Firma Pantek uvádí na svém webu příklad vizualizace dat v prostředí Intouch Access Anywhere, které umožňuje sledovat data jako host v demo aplikaci skrze webový prohlížeč pomocí jednoduchého přihlášení. [30]



Obrázek 17 Informace o sběru dat v demu [30]

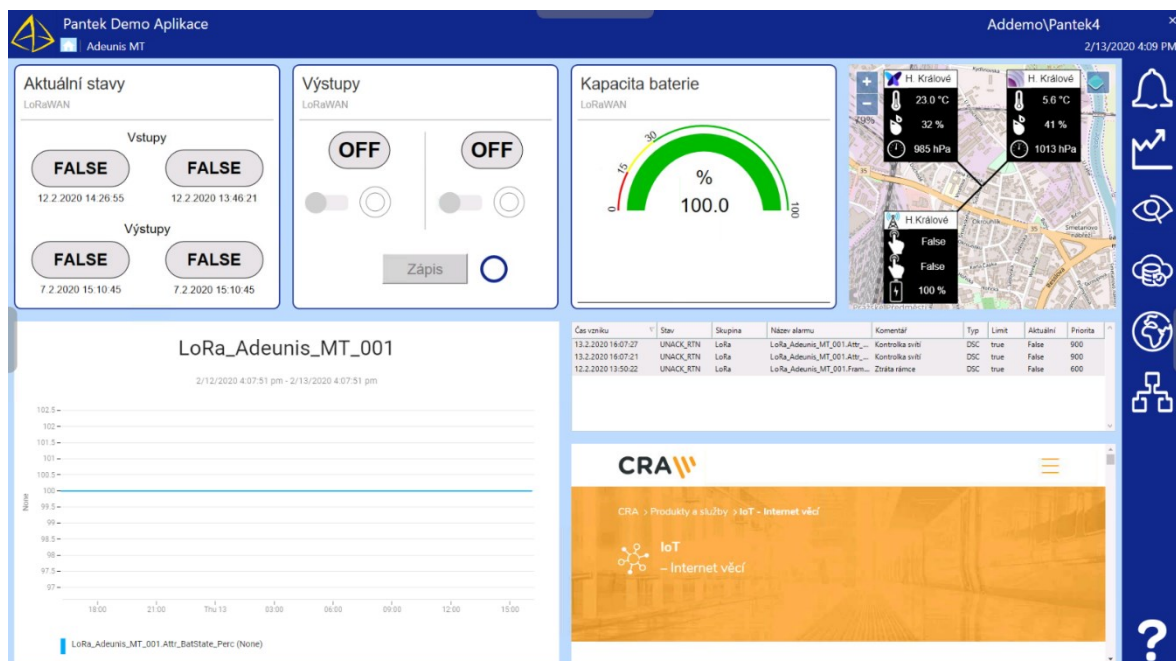
V tomto příkladu pracuje program s daty ohledně počasí v Brně, Hradci Králové a v Praze. Systém sbírá data od poskytovatele dat Open Weather Map, které dále zpracovává pomocí poskytovatelů IoT a zobrazuje ve své podobě. [31] Jako příkladem jsou ze 3 poskytovatelé IoT: MQTT, sigfox, InTouch Edge HMI. [32], [33]



Obrázek 18 Sledování počasí v demu [30]

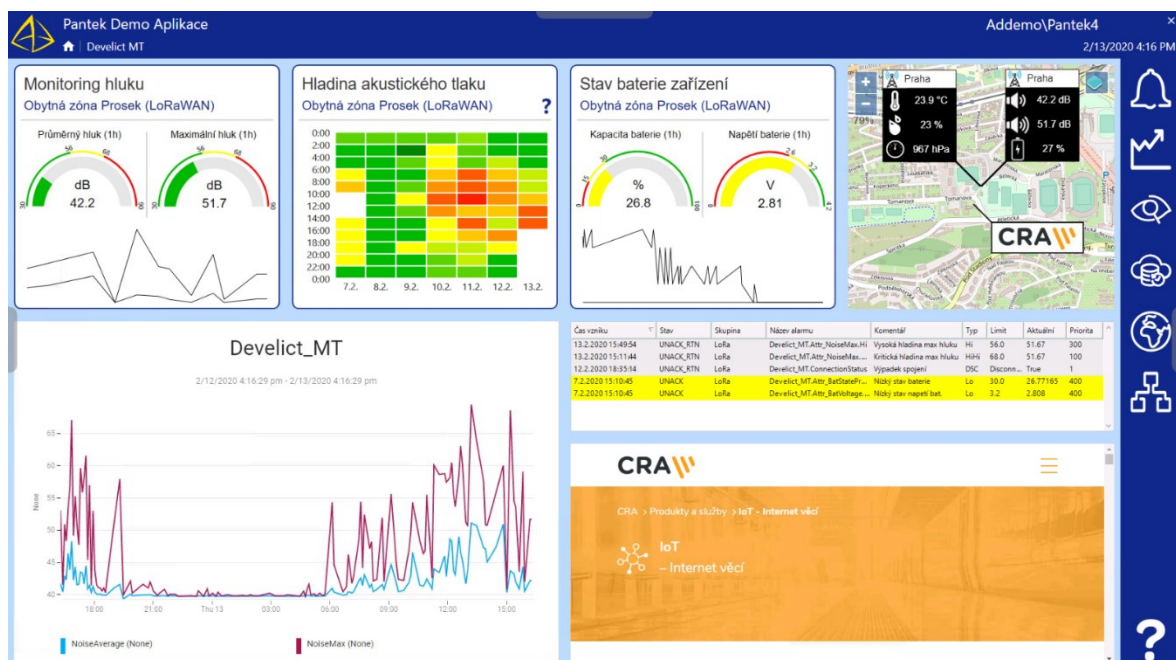
Dále čerpá data ze zařízení Adeunis, Develict a MCF88, které spolupracují s poskytovatelem LoRa. [30]

Zařízení firmy Adeunis snímá kapacitu baterie a lze aktivovat jednotlivé výstupy na zařízení.



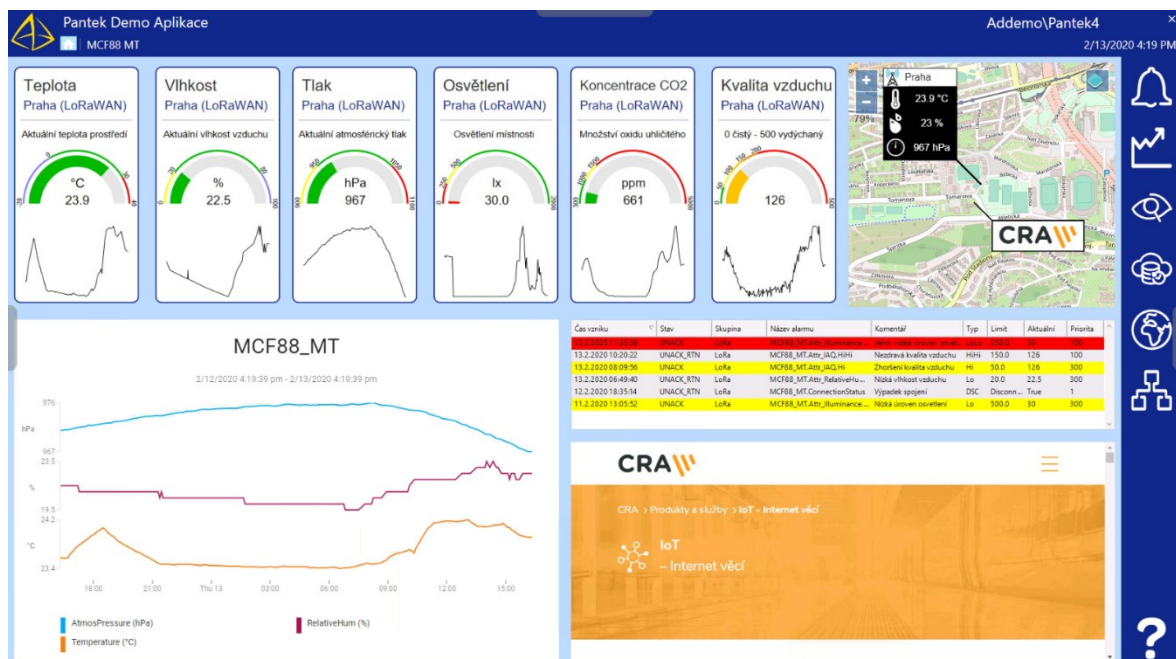
Obrázek 19 Zobrazení dat ze zařízení firmy Adeunis [30]

Zařízení firmy Develict sleduje hluk, hladinu akustického tlaku a stav baterie zařízení okolo zařízení, které je umístěno v Praze a tyto hodnoty zobrazuje v časové ose v grafu. [34]



Obrázek 20 Data zařízení firmy Develict [30]

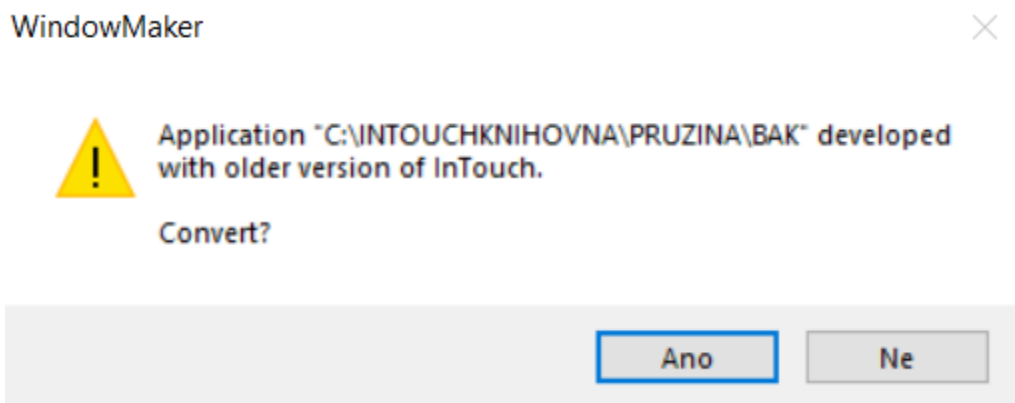
Zařízení MCF88 snímá teplotu, vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, osvětlení, koncentraci CO2 a kvalitu vzduchu v Praze v okolí zařízení a hodnoty zobrazuje v grafech. [35]



Obrázek 21 Snímané hodnoty zařízení MCF88 [30]

4.3 Rekonstrukce modelů procesů

Modely procesů v softwaru InTouch pro studijní účely byly vytvořeny ve starých verzích programu. Pro spuštění v nové aktuální verzi je nutné všechny modely při spuštění transformovat do nové verze, což může vést ke ztrátě některých z vlastností vizualizace. U některých se dokonce projevilo při transformaci změnu typu proměnné.

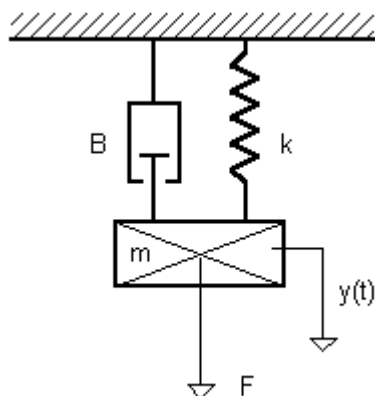


Obrázek 22 Vyskakovací okno při spuštění vizualizace

Vypracoval jsem celkem 6 rekonstrukcí, z nichž jedna je vytvořena ke skutečnému modelu a matematické modely z webu [36] pohybu tělesa na pružině a tlumiči, dvoupolohová regulace tepelné soustavy, modelu kyvadla a k modelu plnění nádrže jsem ověřil pomocí softwaru Matlab.

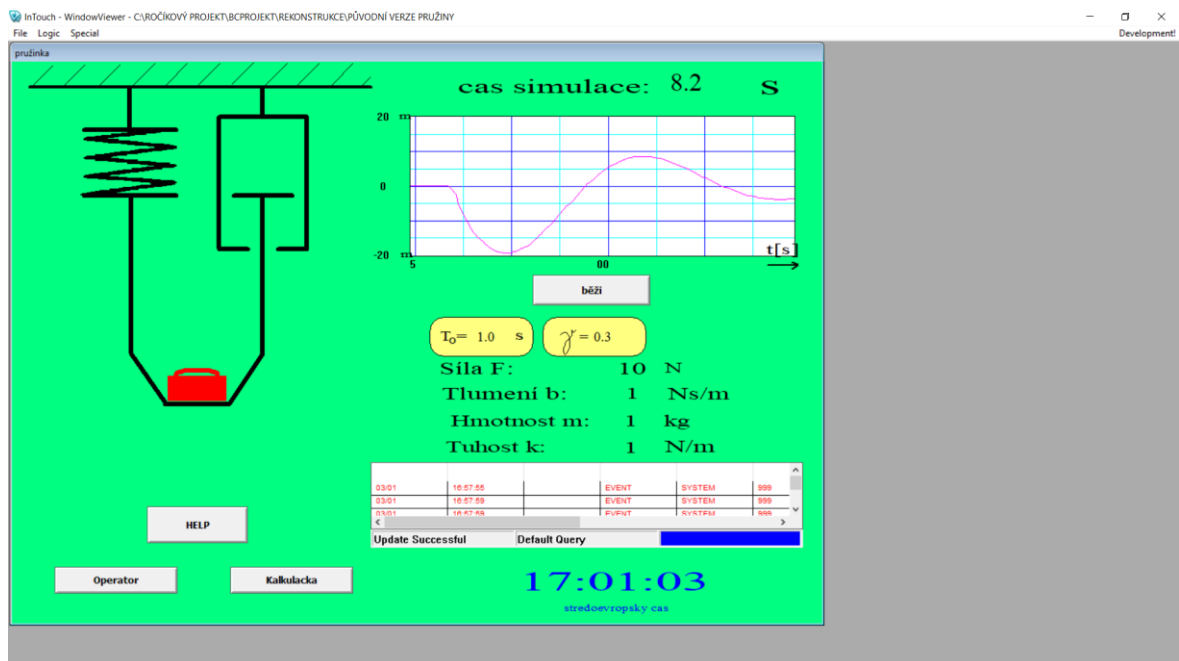
4.3.1 Model pohybu tělesa na pružině a tlumiči

První rekonstrukcí je model pohybu tělesa na pružině a tlumiči, které jsou připevněné na tuhém rámu. Těleso má vlastní hmotnost a v počátku simulace na něj začne působit síla.



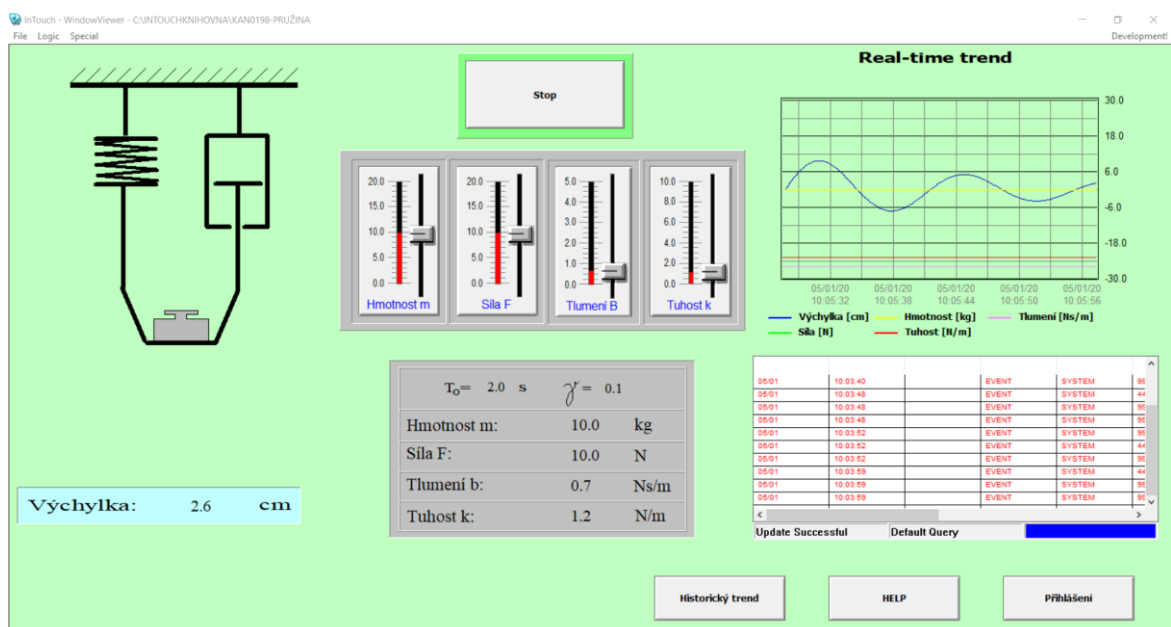
Obrázek 23 Schéma tělesa na pružině a tlumiči [36]

Účelem je simulovat kmitání tělesa v čase, kdy si volíme parametry tuhosti pružiny, tlumení, hmotnost tělesa a velikost zatěžující síly.



Obrázek 24 Původní verze modelu

Původní verze je vytvořena ve staré verzi softwaru, takže se musí do nové verze konvertovat a může tak dojít k nějakému narušení modelu. Tato verze obsahuje v hlavním okně simulační schéma modelu, graf sledování velikosti výchylky v čase, tabulku alarmů, tlačítko HELP pro popis a pomoc při obsluze, tlačítko Operátor pro přihlášení, tlačítko Kalkulačka pro spuštění kalkulačky na počítači, čas a tabulku s proměnnými.



Obrázek 25 Nová verze modelu

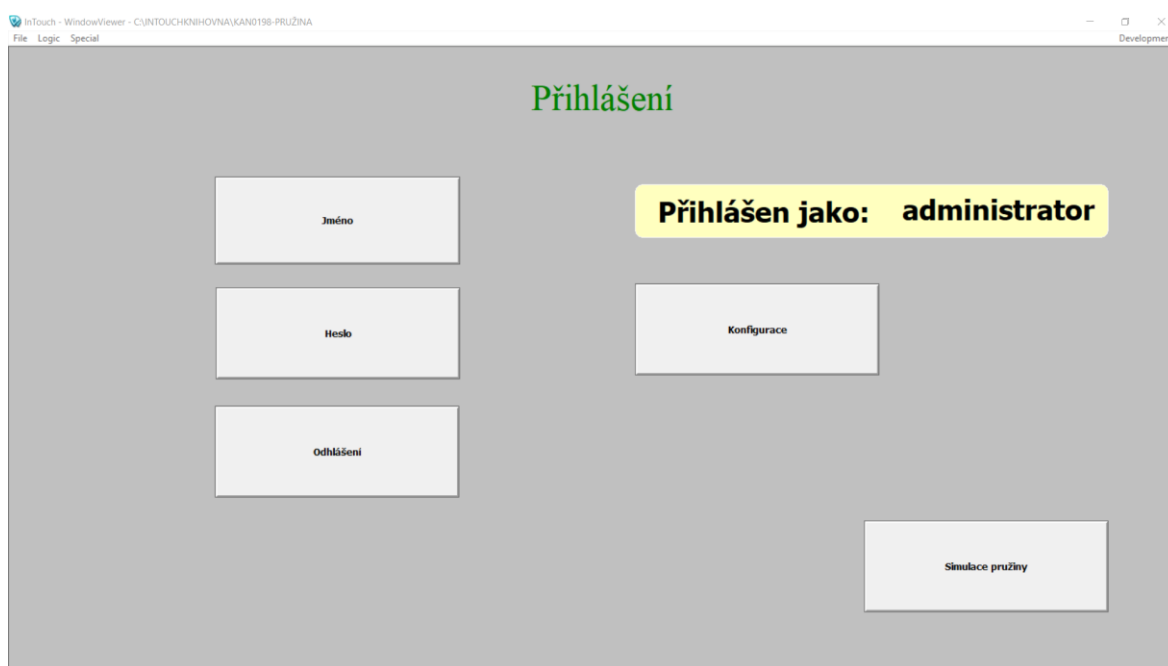
V nové verzi modelu jsem využil pro změnu parametrů posuvníky, které mi přišly přehlednější než v předchozí verzi, kde se parametry zadávaly ručně kliknutím přímo do čísla, což uživatel hned na první pohled nevidí. Dále zobrazení parametrů bylo pouze v celých číslech, i když byly navoleny v desetinných, což nebylo moc praktické například

pokud by se chtěly hodnoty odečíst a z nějakého důvodu přepočíst. To jsem vyřešil analogovým displejem z nabídky Wizards, kterou InTouch nabízí. Čísla tak přehledně ukazují nastavené hodnoty s přesností na jedno desetinné místo. Dále jsem přidal aktuální hodnotu výchytky pod schématem. Dále je rozšířená celá pracovní plocha pro větší přehled v simulaci oproti původní verzi a přidal jsem popisky ke schématu, kde se s velikostí síly a hmotnosti mění velikost jejich ukazatelů.

Tabulka 1 Seznam oken pro simulaci tělesa na pružině a tlumiči

| Název okna | Typ | Popis |
|------------|---------|------------------------------------|
| Přihlášení | Replace | Slouží pro přihlášení do aplikace. |
| Pružina | Replace | Hlavní okno se simulací. |
| Trendy | Replace | Okno s historickým trendem. |
| Alarm | Pop-up | Okno s alarmovým hlášením. |
| Help | Pop-up | Nápověda a popis pro uživatele. |

Jako první by se mělo zobrazit okno pro přihlášení a určení práv, které jsou přednastavené. Ovšem po spuštění původní verze simulace se spustí rovnou okno se simulací bez přihlášení a s plnými právy pro změnu parametrů soustavy. Nová verze obsahuje aplikační skript, který při spuštění otevře přihlašovací okno, přes které se dostane k simulaci pouze s platným přihlášením, které zobrazí tlačítko pro přechod do simulace. V hlavním okně se do okna pro přihlášení dostaneme tlačítkem Přihlášení pro případné přehlášení uživatele nebo odhlášení. Okno pro přihlášení je stejné pro všechny další vizualizace.



Obrázek 26 Přihlašovací okno

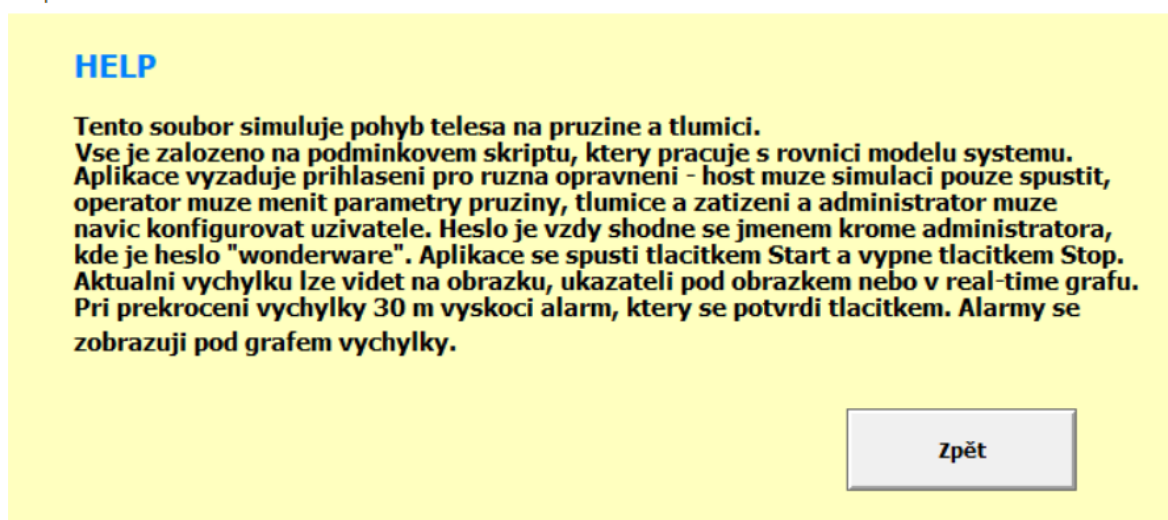
Jednotlivé uživatelské informace jsou obsaženy v tabulce. Tyto přihlašovací údaje i práva jsou stejné pro všechny vizualizace.

Tabulka 2 Seznam definovaných uživatelů

| Jméno | Heslo | Práva |
|---------------|------------|--|
| host | host | Může sledovat pouze průběh a přednastavené hodnoty, sám hodnoty měnit nemůže, posuvníky jsou skryté. |
| operator | operator | Může měnit parametry simulace. |
| administrator | wonderware | Má nejvyšší práva, může měnit, odstranit a přidávat uživatele. |

Dalším tlačítkem v hlavní obrazovce je tlačítko HELP, které zobrazí okno pro nápovědu, jak se model ovládá a jednoduše jej popisuje. Toto tlačítko a okno má každá z vizualizací.

Help



Obrázek 27 Okno s nápovědou

Poslední je okno Alarm, které vyskočí pomocí podmínkového skriptu při překročení výchylky o více než 30 metrů. Alarm je nutno potvrdit obsluhou tlačítkem Potvrdit. Potvrzení alarmu se zobrazí v hlavním okně v tabulce alarmů.



Obrázek 28 Okno alarmu

Simulace funguje na základě podmínkového skriptu, který se aktivuje při spuštění tlačítka Start a aplikačním skriptu, který propočítává parametry zadané uživatelem. Skript počítá výchylku v čase skriptem na základě rovnice systému. [34]

Pro případné sledování změn chování systému jsem přidal okno s historickým trendem. Trend se ovládá pomocí tlačítek pod ním nebo pomocí tlačítka vedle trendu pro jeho aktualizaci.



Obrázek 29 Okno s historickým trendem

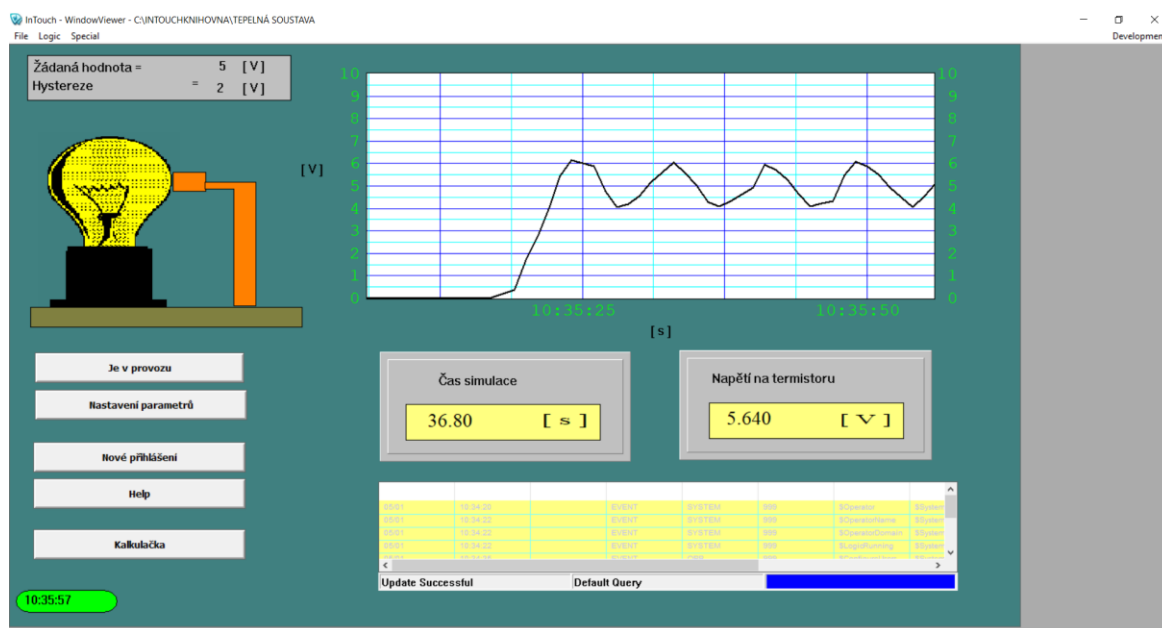
Celkem je v aplikaci použito 11 proměnných popsanych v následující tabulce.

Tabulka 3 Popis použitých proměnných

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotky | Popis |
|----------------|-----------------|--------|--------------------|-----------------------------|
| start | Memory Discrete | 0/1 | - | Start simulace |
| cassimulace | Memory Real | - | s | Čas od startu simulace |
| gamma | Memory Real | - | 1/s | Konstanta dozrívání |
| hmotnost | Memory Real | 0-20 | kg | Hmotnost tělesa |
| ksi | Memory Real | - | - | Konstanta poměrného tlumení |
| omega | Memory Real | - | Rad/s | Úhlová rychlost |
| sila | Memory Real | 0-20 | N | Síla působící na těleso |
| T | Memory Integer | - | s | Setrvačná konstanta |
| tlumeni | Memory Real | 0-10 | Ns/m ⁻¹ | Koeficient tlumení tlumiče |
| tuhost | Memory Real | 0-10 | Nm ⁻¹ | Koeficient tuhosti pružiny |
| vychylka | Memory Real | - | m | Aktuální výchylka tělesa |

4.3.2 Model dvoupolohové regulace tepelné soustavy

Tento model simuluje ovládání zdroje tepla, což je žárovka, dvoupolohovou regulací, kdy teplota na stěně je měřená termistorem.

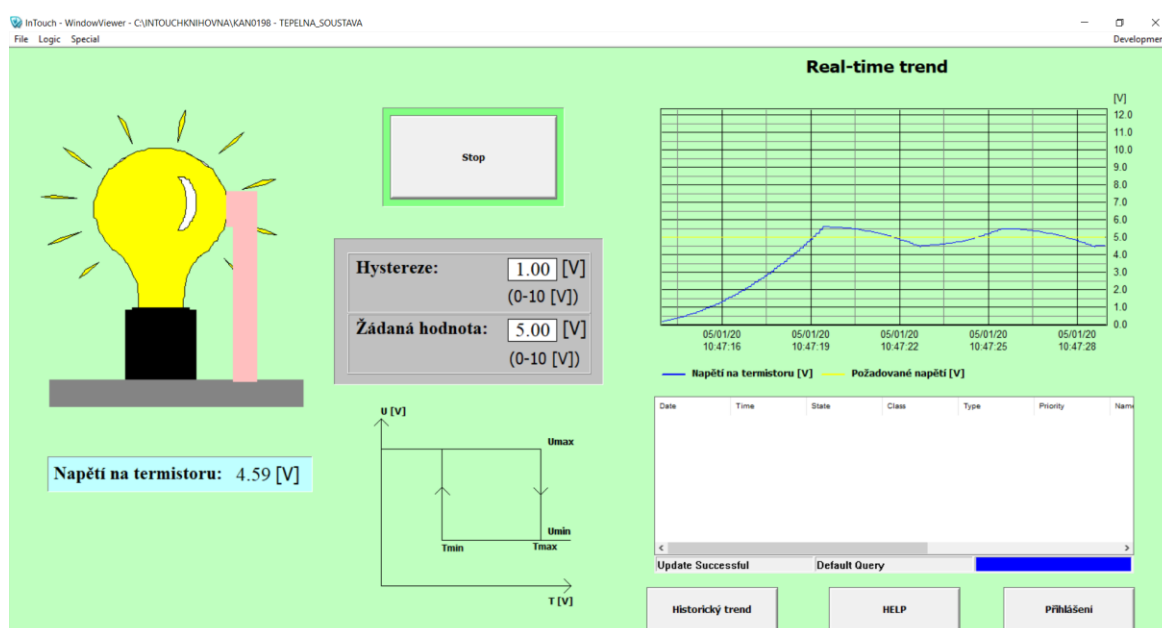


Obrázek 30 Stará verze simulace tepelné soustavy

Původní verze neměla při spuštění předdefinovaná okna, které se mají zobrazit. Do aplikace se tak dalo dostat i bez přihlášení. To je vyřešeno v nové verzi, kde je definované

„Home window“, které se spustí při spuštění simulace. V tomto okně je nutné se přihlásit. Ve staré verzi byl průběh napětí na termistoru v grafu nepravidelný. V nové verzi je graf přesnější a průběh napětí je vyhlazený.

Nová verze má předdefinované parametry napětí a hystereze, které uživatel s vhodným oprávněním může pozměnit. V minulé verzi se muselo přejít do nového okna pro zadání parametrů, to je nahrazeno možností volby parametrů přímo v hlavním okně. Simulace se spouští tlačítkem Start a zastaví se tlačítkem Stop a funguje na základě podmínkového skriptu, který počítá napětí na žárovce a termistoru podle rovnice. V trendu lze vidět požadovanou veličinu a průběh napětí na termistoru.



Obrázek 31 Hlavní okno tepelné soustavy

Při překročení povoleného napětí na termistoru se zobrazí okno s alarmem, které upozorňuje na vysokou hodnotu napětí a zobrazí zprávu, aby uživatel snížil napětí nebo hysterezi. Pro potvrzení alarmu je zde tlačítko „Potvrdit“.



Obrázek 32 Alarmové okno při překročení napětí

Tato soustava je součástí modelu teplovzdušného agregátu, který je poslední rekonstrukcí. tento model simuluje jen dvě součástky z celého modelu. Celkem má simulace 4 okna.

Tabulka 4 Seznam oken tepelné soustavy

| Název okna | Typ | Popis |
|------------|---------|------------------------------------|
| Přihlášení | Replace | Slouží pro přihlášení do aplikace. |
| Trendy | Replace | Okno s historickým trendem. |
| Zarovka | Replace | Hlavní okno se simulací. |
| Alarm | Pop-up | Okno s alarmovým hlášením. |
| Help | Pop-up | Nápověda a popis pro uživatele. |

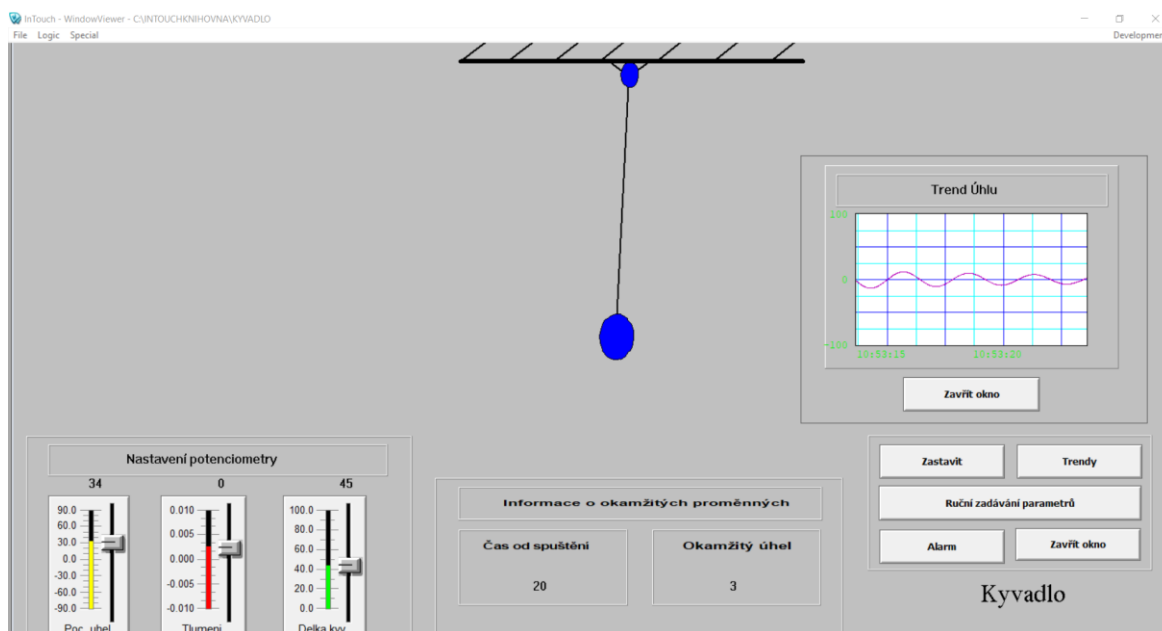
V aplikaci je celkem 8 proměnných popsanych v tabulce.

Tabulka 5 Seznam proměnných tepelné soustavy

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotky | Popis |
|----------------|-----------------|--------|----------|--------------------------------------|
| cassimulace | Memory Real | - | s | Čas od startu simulace |
| hyst | Memory Real | - | V | Hystereze |
| napeti_t | Memory Real | - | V | Napětí na termistoru |
| napeti_z | Memory Real | 0-10 | V | Žádané napětí |
| napeti_zpom | Memory Real | 0-10 | V | Pomocná žádaného napětí |
| pomoc | Memory Real | - | V | Pomocná pro výpočet napětí |
| start | Memory Discrete | 0/1 | - | Spuštění simulace |
| zarovka | Memory Discrete | 0/1 | - | Určení stavu žárovky (svítí/nesvítí) |

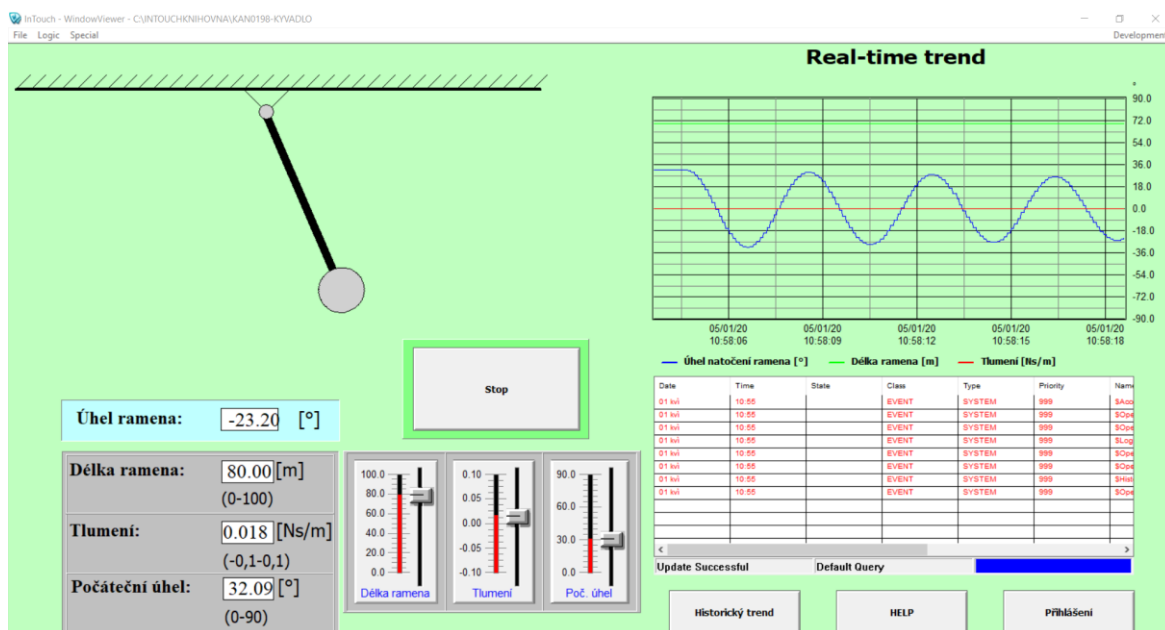
4.3.3 Rekonstrukce kyvadla

Tento model simuluje pohyb kyvadla s tlumením ve vazbě na tuhém trámu. Simulace funguje na principu podmínkového skriptu, který se spustí po stisknutí tlačítka Start. V původní verzi nebylo přihlašovací okno a okna nebyla při spuštění definovaná a alarm krajní hodnoty fungoval pouze při hraničním úhlu 90° , ale nebyl definován pro hraniční úhel -90° . Dále byla chybně definována výchylka, kdy kyvadlo dosáhlo krajní hodnoty úhlu a dále se ukazovala do vyšších čísel.



Obrázek 33 Původní verze kyvadla

V nové verzi je definované okno pro přihlášení a při spuštění se otevře přihlašovací okno. Taký je zde doplněn historický trend pro záznam a zobrazení starších hodnot. Hodnoty se nastavují v hlavním okně pomocí posuvníků. Jsou to hodnoty pro nastavení počátečního úhlu, tlumení a délky kyvadla. Tlumení lze zadat i jako zápornou hodnotu, která může představovat budící moment ve vazbě kyvadla. V nové verzi je také doplněno tlačítko Help pro popis funkce simulace.



Obrázek 34 Nová verze kyvadla

V simulaci je tedy navíc okno pro přihlášení, okno s historickým trendem a okno pro Help pro vysvětlení funkce simulace. Pro přihlášení se používají stejné údaje jako u předchozích simulací. Doplněn je zde i alarm pro zápornou krajní hodnotu a hodnoty se ukazují jen mezi krajními hodnotami.

Tabulka 6 Seznam oken kyvadla

| Název okna | Typ | Popis |
|------------|---------|------------------------------------|
| Přihlášení | Replace | Slouží pro přihlášení do aplikace. |
| Trendy | Replace | Okno s historickým trendem. |
| Kyvadlo | Replace | Hlavní okno se simulací. |
| Alarm | Pop-up | Okno s alarmovým hlášením. |
| Help | Pop-up | Nápověda a popis pro uživatele. |

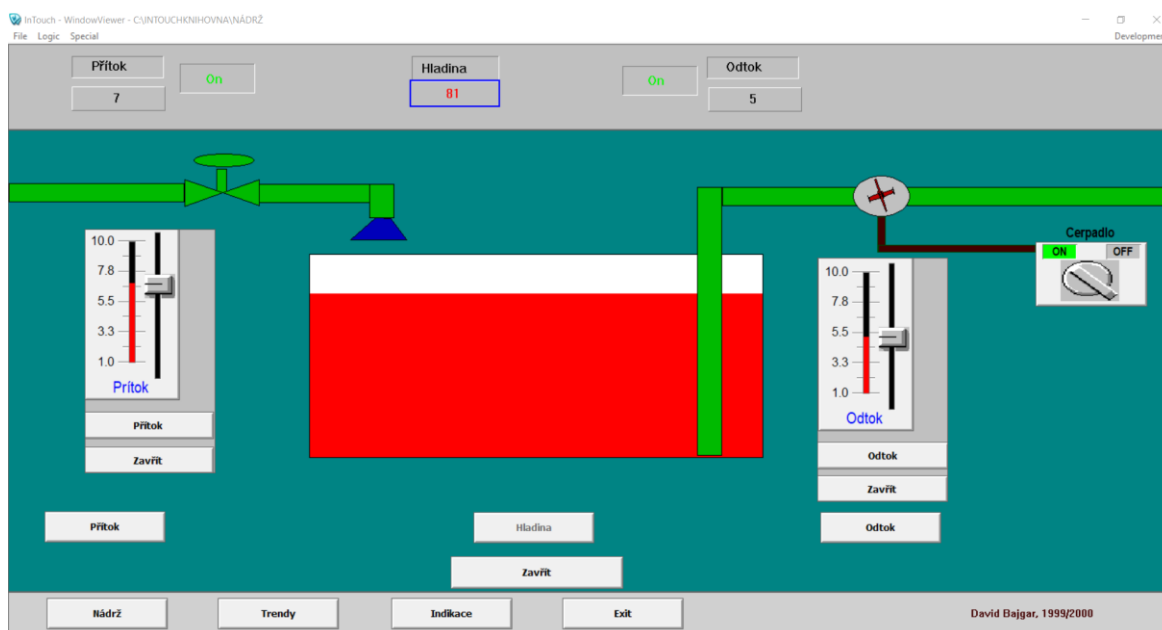
Celkem je použito 6 proměnných pro funkčnost a výpočet úhlu natočení kyvadla.

Tabulka 7 Seznam proměnných pro kyvadlo

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotka | Popis |
|----------------|-----------------|----------|----------|--------------------------|
| cas | Memory Real | - | s | Čas od startu simulace |
| delka_kyv | Memory Real | 0-10 | m | Délka kyvadla |
| poc_uhel | Memory Real | - | ° | Počáteční úhel kyvadla |
| start | Memory Discrete | 0/1 | - | Spouští výpočet simulace |
| tlumeni | Memory Real | -0,1÷0,1 | Ns/m | Tlumení ve vazbě kyvadla |
| uhel | Memory Real | -90÷90 | V | Aktuální úhel kyvadla |

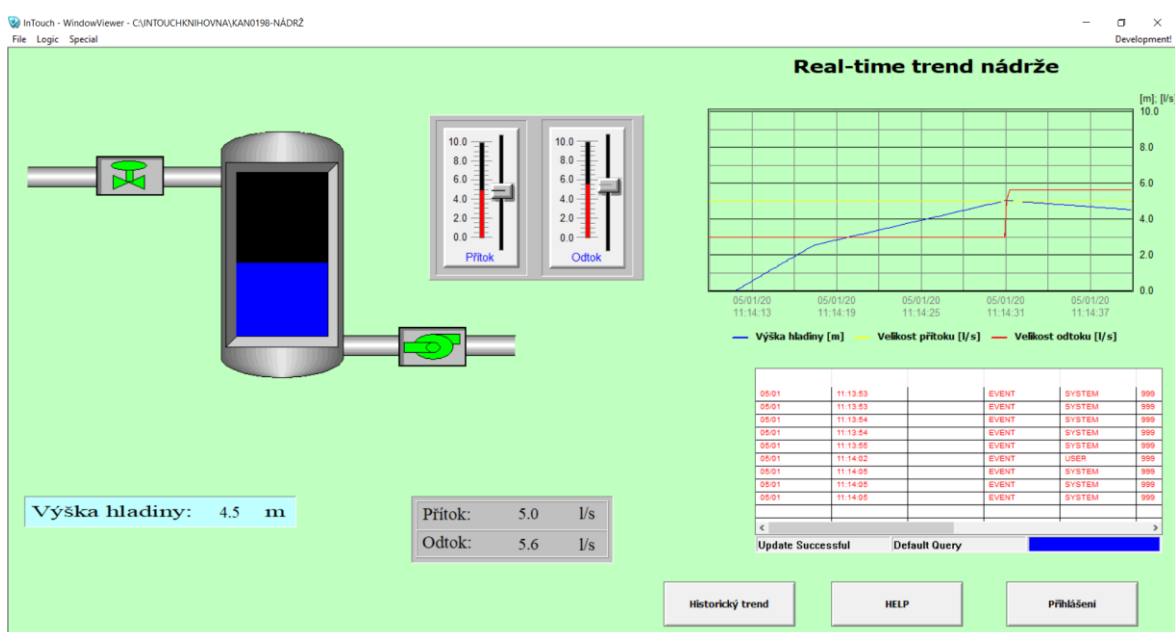
4.3.4 Rekonstrukce plnění nádrže

Tato simulace ukazuje plnění a vyčerpání nádrže. Do nádrže vedou 2 potrubí, jedno pro přítok vody a druhé pro odtok. V odtokové větvi je čerpadlo pro odčerpávání z nádrže. Přítok se otevírá a zavírá pomocí ventilu. Velikost přítoku a odtoku lze navolit pomocí posuvníků. Vše funguje na základě aplikačního skriptu.



Obrázek 35 Stará verze plnění nádrže

Ve staré verzi se pro nastavení velikosti přítoku nebo odtoku muselo rozkliknout nové okno s posuvníky. Ty jsou v nové verzi přímo v hlavním okně. Real-time trend je umístěn na hlavním okně namísto umístění v jiném okně. V původní verzi byly 3 skripty pro výpočet výšky hladiny, ty jsou v nové verzi nahrazeny jedním podmínkovým skriptem.



Obrázek 36 Nová verze plnění nádrže

V nové verzi navíc přibýlo okno pro přihlášení, které chybělo v minulé verzi, okno pro historický trend, který ukazuje staré záznamy. Dále přibýlo okno Help a zobrazení historie alarmů. Simulace obsahuje 2 alarmy, pro upozornění plné a prázdné nádrže. V simulaci je použito 5 oken.

Tabulka 8 Seznam oken plnění nádrže

| Název okna | Typ | Popis |
|------------|---------|------------------------------------|
| Přihlášení | Replace | Slouží pro přihlášení do aplikace. |
| Trendy | Replace | Okno s historickým trendem. |
| Nádrž | Replace | Hlavní okno se simulací. |
| Alarm | Pop-up | Okno s alarmovým hlášením. |
| Help | Pop-up | Nápověda a popis pro uživatele. |

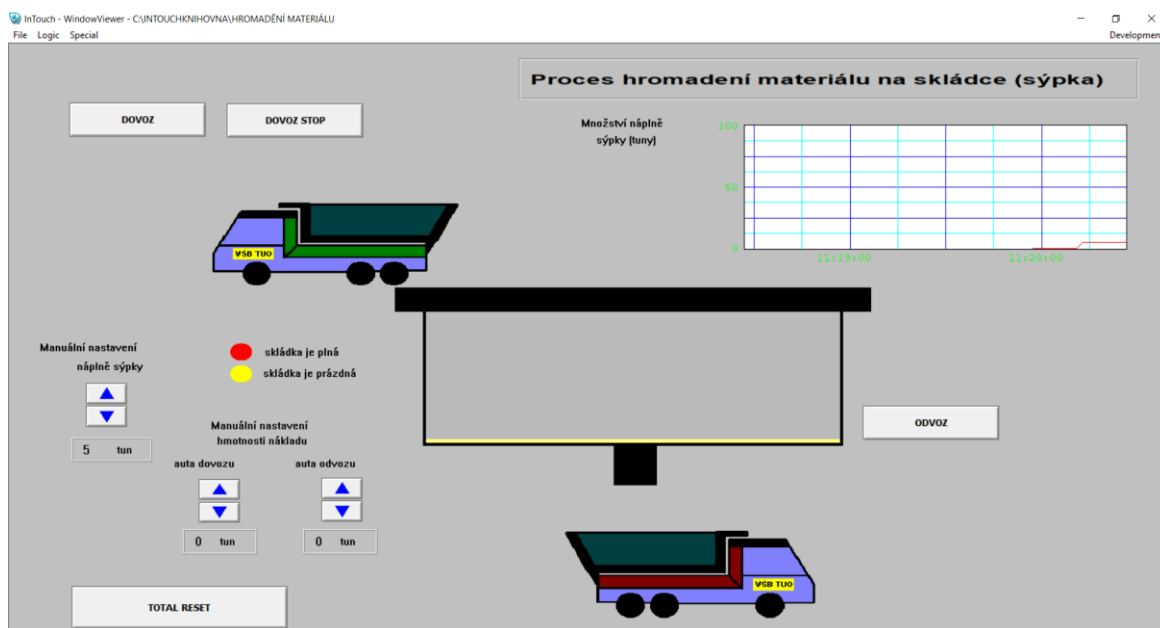
Celkem je použito pro výpočet výšky hladiny 5 proměnných.

Tabulka 9 Proměnné plnění nádrže

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotky | Popis |
|----------------|-----------------|--------|----------|----------------------------|
| čerpadlo | Memory Discrete | 0/1 | - | Určuje sepnutí čerpadla |
| hladina | Memory Real | 0-10 | m | Výška hladiny v nádrži |
| přítok | Memory Real | 0-10 | l/s | Velikost přítoku do nádrže |
| ventil | Memory Discrete | 0/1 | - | Určuje otevření ventilu |
| výtok | Memory Real | 0-10 | l/s | Velikost odtoku z nádrže |

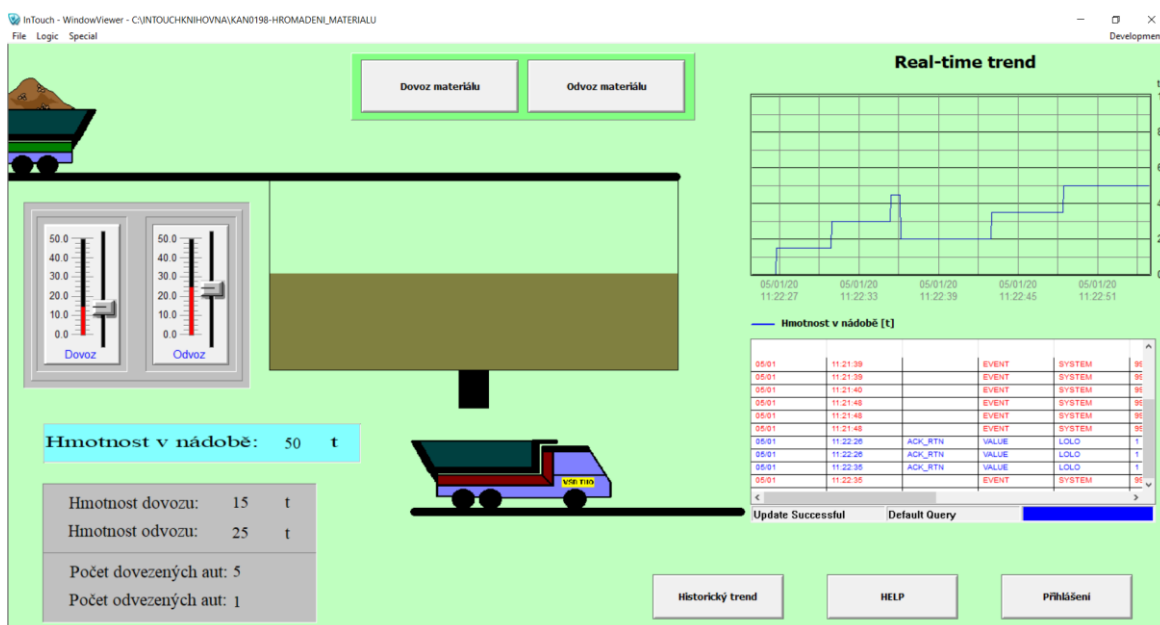
4.3.5 Rekonstrukce plnění materiálu na skládce

Tato simulace ukazuje plnění materiálu v nádobě, kde je materiál přivážěn a odvážen. Vše funguje na základě akce na tlačítku, která se spustí stisknutím tlačítka odvoz nebo dovoz, což definuje hodnoty proměnných a na aplikačním skriptu, který propočítává pomocné pro animaci a pro plnost nádrže. Hmotnost materiálu dovozu nebo odvozu je možno v simulaci nastavit.



Obrázek 37 Stará verze plnění materiálu

Oproti staré verzi je v nové upravena simulace příjezdu a odjezdu auta. Dále je doplněno okno s historickým trendem. Alarmy ve staré verzi byly nastaveny jako vyskočení okna při splnění podmínky, což je buďto prázdná nebo plná nádrž. V nové verzi jsou nastaveny jako alarmy, které se zapisují a musí být potvrzeny. Dále pro rychlejší nastavení hmotnosti materiálu jsou použity posuvníky. Do rekonstrukce byly použity původní modely aut.



Obrázek 38 Nová verze plnění materiálu

Stará verze nemá žádné přihlášení, to bylo doplněno v nové verzi. Dále bylo doplněno okno s historickým trendem a alarmová okna pro plnou nebo prázdnou nádrž. Nově jsou zde i počítadla pro počítání aut, kolik přijelo a kolik odjelo. Další Mimo alarmová okna jsou zde i okna pro informaci, že se materiál na skládku nevejde nebo že materiálu je málo a nelze množství odvést. Přibýlo okno Help pro informaci o funkci vizualizace.

Tabulka 10 Seznam oken plnění materiálu

| Název okna | Typ | Popis |
|------------|---------|--|
| Alarm | Pop-up | Okno s alarmovým hlášením. |
| Přihlášení | Replace | Slouží pro přihlášení do aplikace. |
| Trendy | Replace | Okno s historickým trendem. |
| Materiál | Replace | Hlavní okno se simulací. |
| Nelze dov | Pop-up | Okno pro informaci hmotnosti, která se již nevejde na skládku. |
| Nelze odv | Pop-up | Okno pro informaci hmotnosti, která nelze ze skládky odvést. |
| Help | Pop-up | Nápověda a popis pro uživatele. |

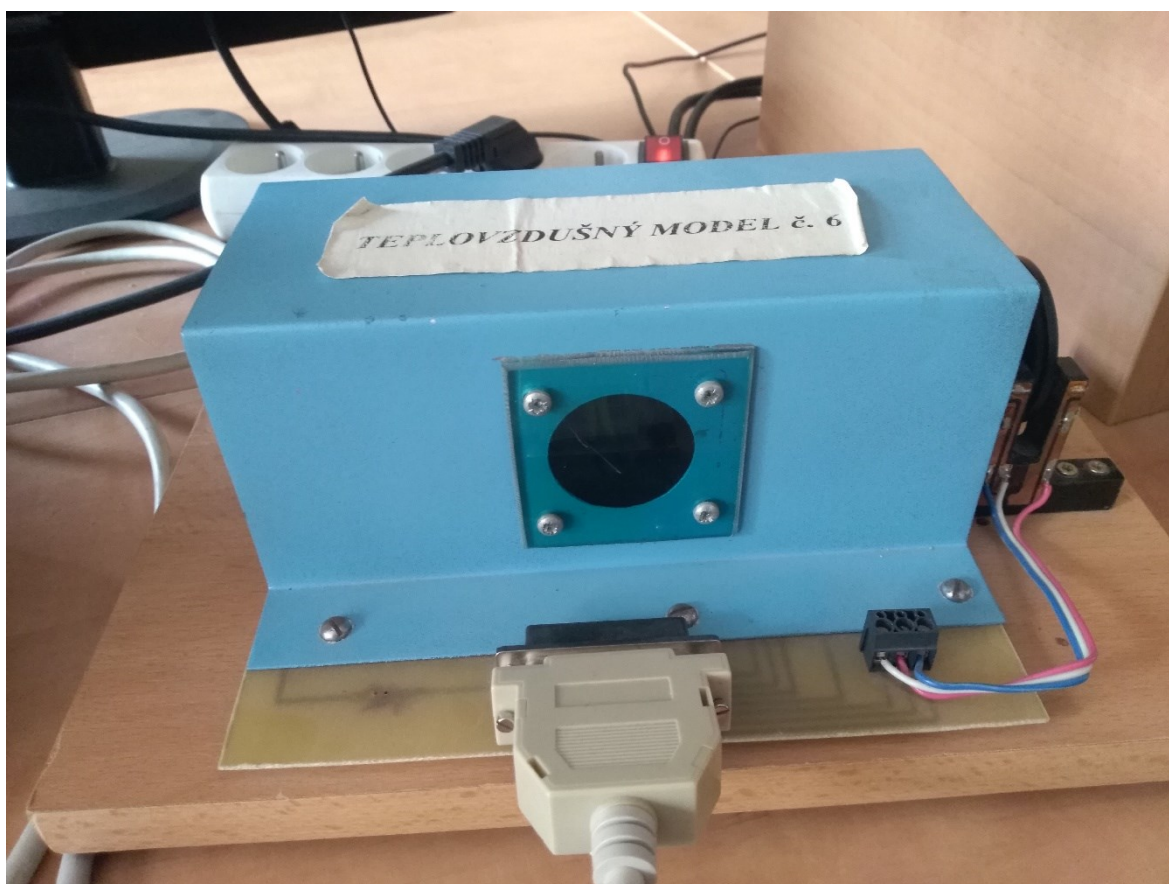
Celkem je zde pro chod simulace zavedeno 11 proměnných.

Tabulka 11 Seznam proměnných pro plnění materiálu

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotky | Popis |
|----------------|-----------------|--------|----------|-------------------------------------|
| aut_dovoz | Memory Integer | - | - | Určuje počet dovezených aut |
| aut_odvoz | Memory Integer | - | - | Určuje počet odvezených aut |
| dovoz | Memory Discrete | 0/1 | - | Spuštění dovozu |
| hmotdov | Memory Integer | 0-50 | t | Hmotnost dovozu |
| hmotodv | Memory Integer | 0-50 | t | Hmotnost odvozu |
| odvoz | Memory Discrete | 0/1 | - | Spuštění odvozu |
| plnost | Memory Integer | 0-100 | t | Hmotnost materiálu na skládce |
| posund | Memory Real | 0-100 | - | Pomocná pro animaci dovozu |
| posuno | Memory Real | 0-100 | - | Pomocná pro animaci odvozu |
| prazdne | Memory discrete | 0/1 | - | Pomocná pro indikaci prázdné nádrže |
| vysyp | Memory discrete | 0/1 | - | Pomocná pro animaci |

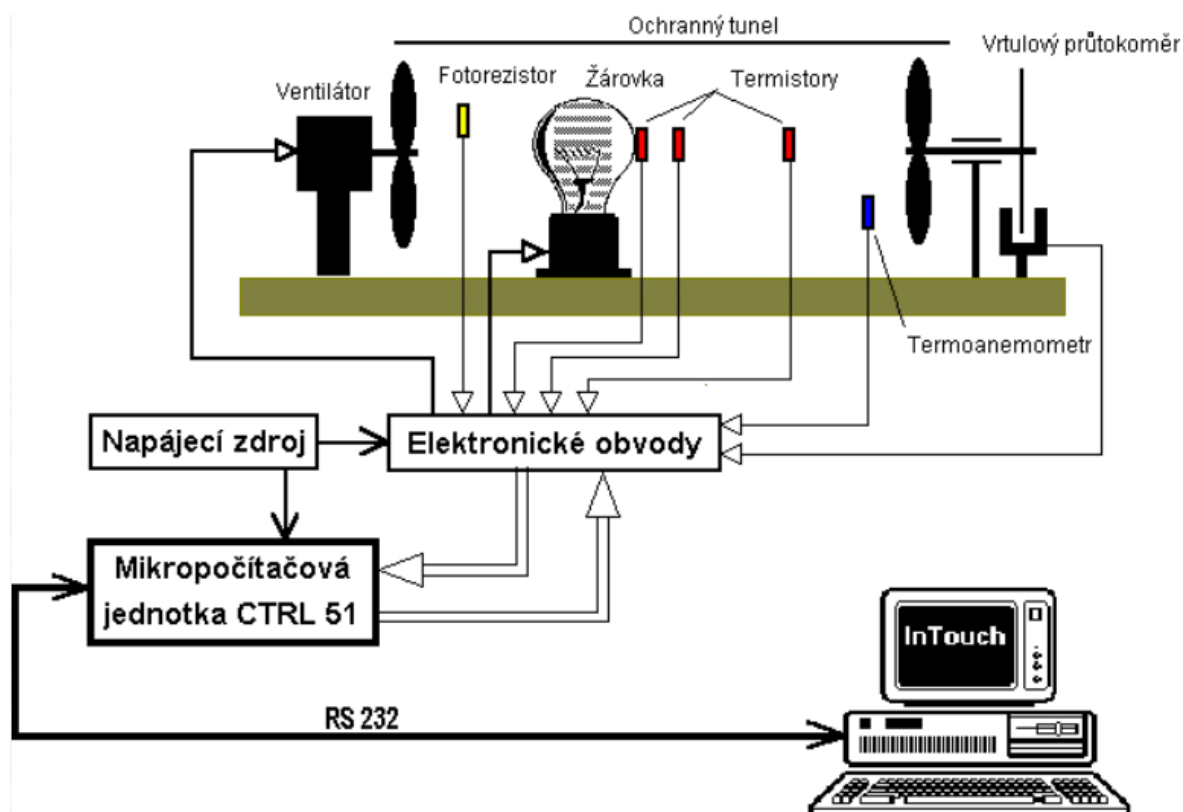
4.3.6 Rekonstrukce teplovzdušného agregátu

Vizualizace je vytvořena ke skutečnému modelu teplovzdušného agregátu. Systém se ovládá buďto manuálně nebo automatickými vstupními signály ve tvarech sinus, trojúhelník nebo dvoupolohová regulace, a to pomocí vstupního napětí na žárovce a ventilátoru. Další možnost řízení je pomocí dvoupolohové regulace pro napětí na termistorech, a to buďto dvoupolohovou regulací nebo PID regulací, kdy si uživatel zvolí parametry regulátoru.



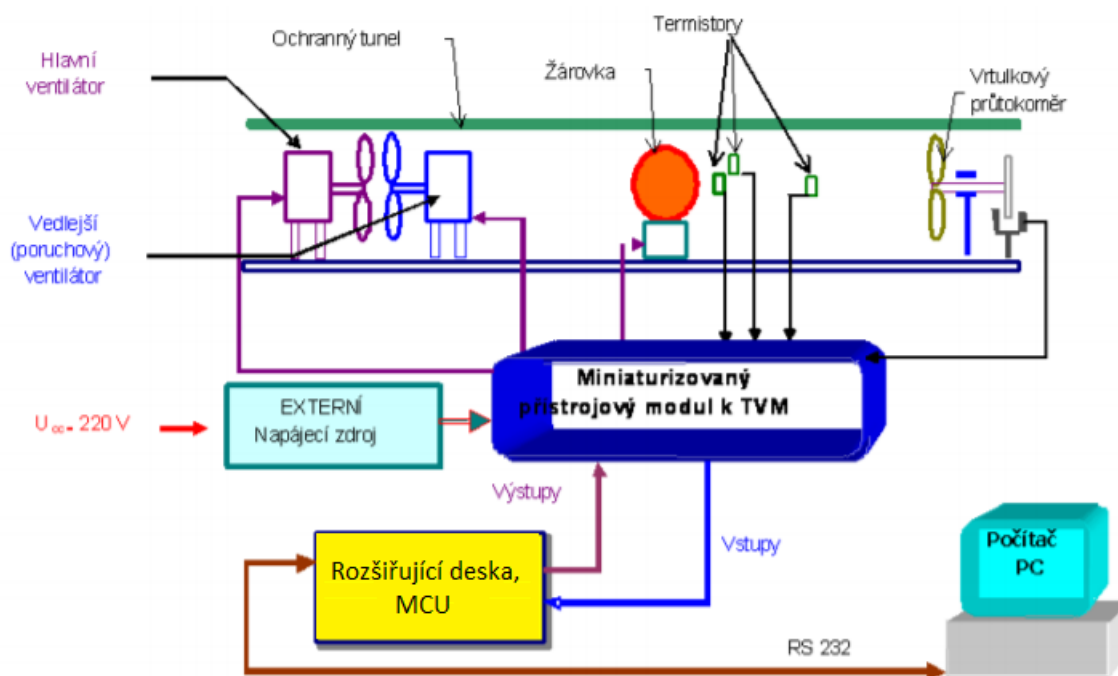
Obrázek 39 Model teplovzdušného agregátu

Původní model byl ovšem vytvořen ke staré verzi modelu, která byla pozměněna. Oproti původní verzi je místo fotorezistoru umístěn ventilátor realizující poruchu a byl zde odstraněn termoanemometr. Nový model se tedy skládá ze 2 ventilátorů, průtokoměru, žárovky jako zdroje tepla a 3 termistory.

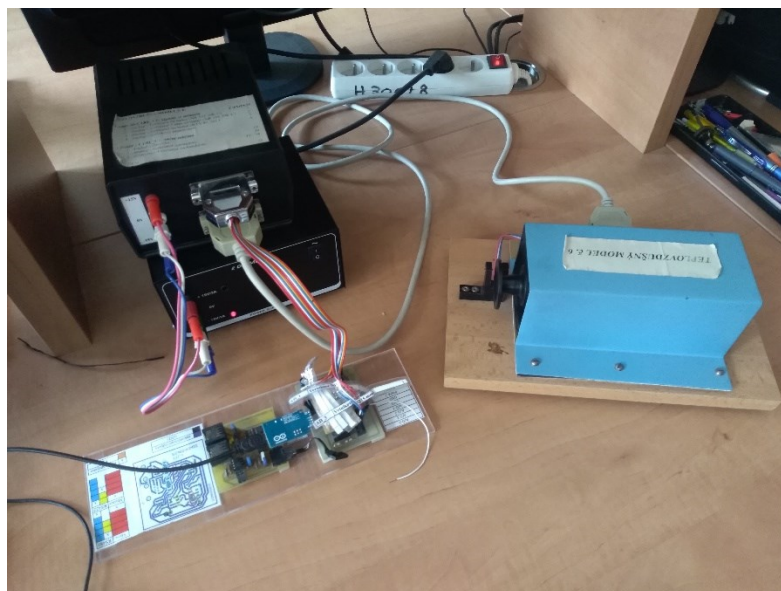


Obrázek 40 Schéma původního modelu [36]

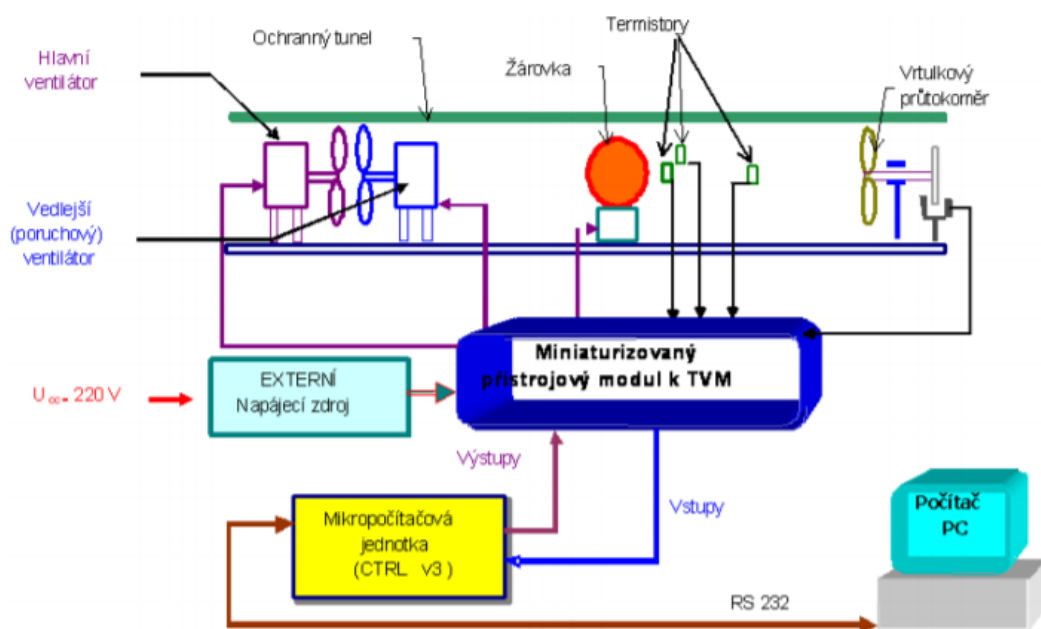
Nyní je místo jednotky CTRL 51 použita rozšiřující deska pro úpravu signálu, který je odeslán do PC pomocí RS232, který je zpracován ve vizualizaci programu Control Web. [37]



Obrázek 41 Současný stav modelu teplovzdušného agregátu

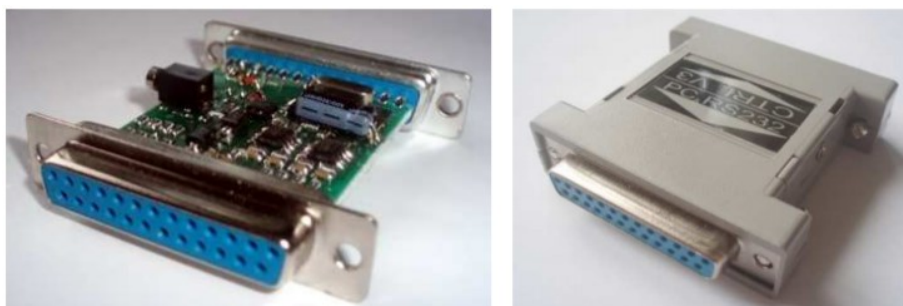


Obrázek 42 Model teplovzdušného agregátu

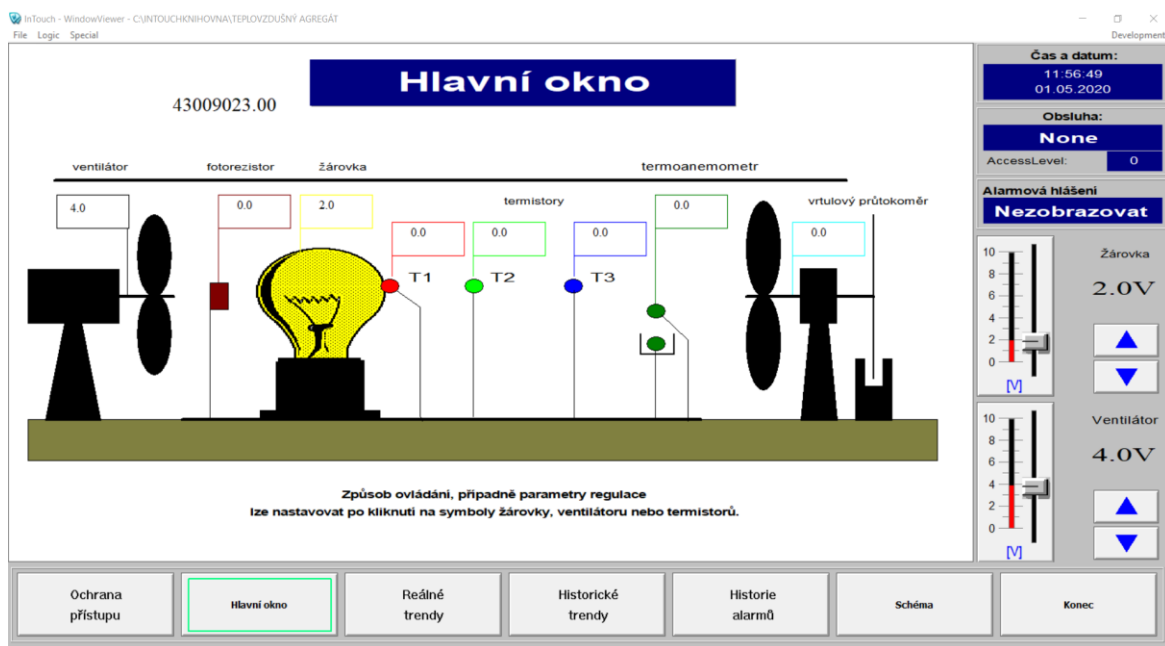


Obrázek 43 Schéma nového modelu [37]

Vizualizace je vytvořena tak, aby byla schopna komunikovat s mikropočítačovou jednotkou CTRL v3 se spuštěným programem WinCTRL V3. Tato jednotka byla nahrazena rozšiřující deskou. [37]

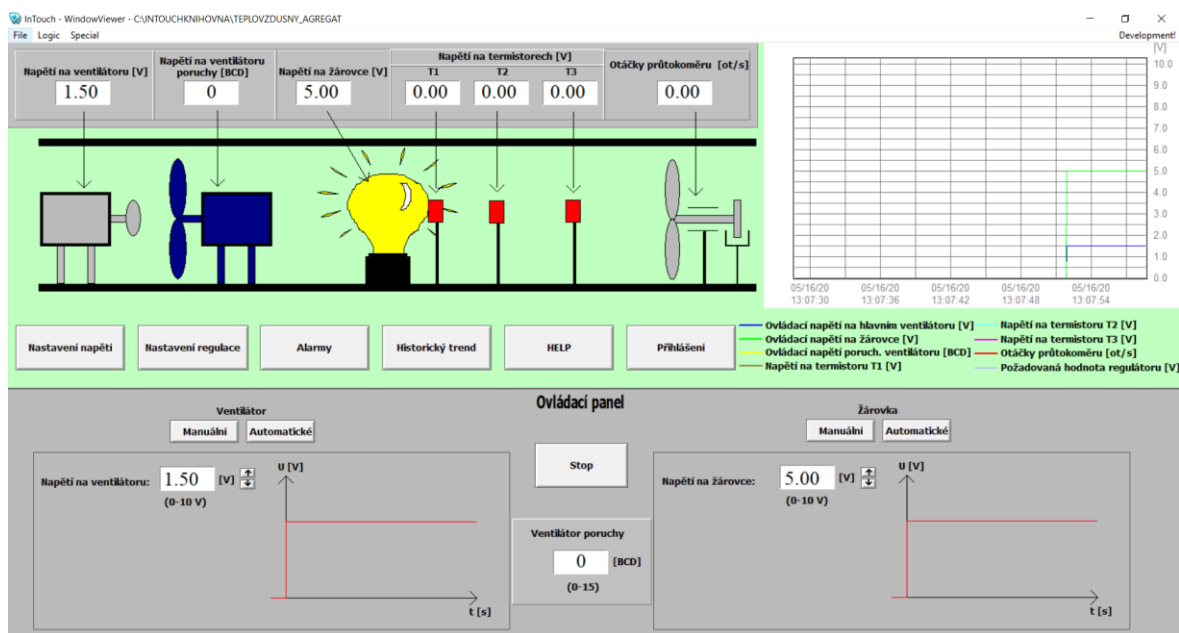


Obrázek 44 Mikropočítačová jednotka CTRL V3 [38]



Obrázek 45 Stará verze modelu teplovzdušného agregátu

Ve starém modelu se parametry zadávaly kliknutím na komponentu, výběrem typu ovládání a další výběr typu ovládání, vyskočily tak celkem 3 okna, které překrývaly celou obrazovku. V nové verzi je všechno ovládání v ovládacím panelu ve spodní části obrazovky. Vše je tak přehlednější a nevyskakují žádná okna přes hlavní obrazovku. Další rozdíl je ve spouštění a zastavení simulace, ve staré verzi se simulace automaticky spustila po zadání parametrů, v nové verzi je zde tlačítko start, které simulaci spustí, a tlačítko stop na zastavení simulace.



Obrázek 46 Nová verze modelu teplovzdušného agregátu

V nové verzi je i real-time trend umístěn vedle teplovzdušného agregátu pro lepší přehled. Zde je novým prvkem ventilátor poruchy, který má diskretní výstup 0-15, je tedy

zapotřebí 4 diskrétní výstupy pro napětí na poruchovém ventilátoru. Namísto 6 skriptů, které vypočítávaly vstupní napětí, jsem vytvořil jeden podmínkový skript pro výpočet výstupního napětí na žárovce a ventilátoru. Celkem je využito 17 oken pro tento model.

Tabulka 12 Seznam oken pro teplovzdušný agregát

| Název okna | Typ | Popis |
|----------------------|---------|--|
| Alarm | Pop-up | Okno s alarmovým hlášením. |
| Info | Pop-up | Oznámení neoprávněného přístupu. |
| Přihlášení | Replace | Slouží pro přihlášení do aplikace. |
| Trendy | Replace | Okno s historickým trendem. |
| Menu | Overlay | Ovládací panel pro řízení akčního členu. |
| Menu_teploata | Overlay | Ovládací panel pro řízení modelu regulací. |
| Teplovzdušny agregat | Replace | Hlavní okno se schématem a vizualizací modelu. |
| Help | Pop-up | Nápověda a popis pro uživatele. |
| V2pol | Pop-up | Okno pro nastavení parametrů dvoupolohové regulace napětí na ventilátoru. |
| Vautomaticky | Pop-up | Okno pro volbu typu automatického vstupního signálu ventilátoru. |
| Vmanualni | Pop-up | Okno pro manuální nastavení vstupního signálu ventilátoru. |
| Vsinus | Pop-up | Nastavení parametrů sinusového vstupního signálu ventilátoru |
| Vtrojuhelnik | Pop-up | Okno s nastavením parametrů pro vstupní signal ventilátoru trojúhelníkového tvaru. |
| Z2pol | Pop-up | Okno pro nastavení parametrů dvoupolohové regulace napětí na žárovky. |
| Zautomaticky | Pop-up | Okno pro volbu typu automatického vstupního signálu žárovky. |
| Zmanualni | Pop-up | Okno pro manuální nastavení vstupního signálu žárovky. |
| Zsinus | Pop-up | Nastavení parametrů sinusového vstupního signálu žárovky |
| Ztrojuhelnik | Pop-up | Okno s nastavením parametrů pro vstupní signal žárovky trojúhelníkového tvaru. |

Pro komunikaci se skutečným modelem má simulace 4 vstupní proměnné I/O real a 3 výstupní proměnné I/O real. Ostatní proměnné slouží pro výpočet vstupního napětí nebo jako pomocné proměnné. Celkem je zde 29 proměnných.

Tabulka 13 Seznam I/O vstupních proměnných teplovzdušného agregátu

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotky | Popis |
|----------------|------------|--------|----------|-------------------------------------|
| prutokomer | I/O Real | - | ot/s | Rychlost otáček měřené průtokoměrem |
| T1 | I/O Real | 0-10 | V | Ukazuje napětí na prvním termistoru |
| T2 | I/O Real | 0-10 | V | Ukazuje napětí na druhém termistoru |
| T3 | I/O Real | 0-10 | V | Ukazuje napětí na třetím termistoru |

Tabulka 14 Seznam výstupních proměnných teplovzdušného agregátu

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotky | Popis |
|----------------|-------------|--------|----------|--|
| ventilator | I/O Real | 0-10 | V | Výstupní napětí na ventilátor |
| Ventilator_por | I/O Integer | 0-15 | BDC | Určuje kombinaci diskrétních vstupů do ventilátoru poruchy |
| Zarovka | I/O Real | 0-10 | V | Výstupní napětí na žárovce |

Tabulka 15 Seznam pomocných proměnných pro vizualizaci a chod teplovzdušného agregátu

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotky | Popis |
|----------------|-----------------|--------|----------|---|
| pomocna | Memory Real | - | - | Pomocná proměnná pro výpočet výstupního napětí na ventilátoru |
| pomvstav | Memory Integer | - | - | Pomocná pro určení typu výstupního signálu na ventilátor |
| Start | Memory Discrete | 0/1 | - | Proměnná pro spuštění výpočtů a chodu systému |

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotky | Popis |
|----------------|----------------|--------|----------|---|
| termistor | Memory Integer | 0-3 | - | Určení výchozího termistoru pro regulaci napětí na žárovce |
| va | Memory Real | 0-10 | V | Parametr výstupního signálu ventilátoru |
| vofset | Memory Real | 0-10 | V | Parametr výstupního signálu ventilátoru |
| vper | Memory Real | 0-1000 | sec | Perioda výstupního napětí na ventilátor |
| vsep | Memory Real | 0-1000 | sec | Doba sepnutí výstupního napětí na ventilátor |
| vrotace | Memory Integer | 0-100 | - | Pomocná pro vizualizaci rotace ventilátoru nebo průtokoměru |
| vt | Memory Integer | - | sec | Pomocná pro počítání času simulace pro ventilátor |
| vtpoc | Memory Integer | - | sec | Pomocná pro počáteční čas simulace ventilátoru |
| za | Memory Real | 0-10 | V | Parametr výstupního signálu žárovky |
| zofset | Memory Real | 0-10 | V | Parametr výstupního signálu žárovky |
| zper | Memory Real | 0-1000 | sec | Perioda výstupního napětí na žárovku |
| zpi | Memory Real | - | - | Pomocná pro výpočet regulace napětí na žárovce |
| zpomocna | Memory Real | 0-10 | V | Pomocná pro výpočet napětí na žárovce |
| zpomvstav | Memory Integer | 0-23 | - | Pomocná pro určení typu regulace žárovky |
| zpoz | Memory Real | 0-10 | V | Požadovaná hodnota na žárovce |

| Název proměnné | Datový typ | Rozsah | Jednotky | Popis |
|----------------|----------------|--------|----------|---|
| zsep | Memory Real | - | sec | Určuje dobu sepnutí napětí na žárovce |
| zt | Memory Integer | - | sec | Pomocná pro počítání času simulace pro žárovku |
| ztpoc | Memory Integer | - | sec | Pomocná pro počáteční čas simulace žárovky |
| zy | Memory Real | 0-10 | V | Pomocná pro uložení hodnoty napětí na termistoru při regulaci |

5 Závěr

V této práci jsem se seznámil s dnes velice diskutovaným pojmem digitální dvojče, který jsem na základě přečtené literatury definoval v úvodu této práce. Provedl jsem základní rozdělení digitálních dvojčat a stručně je popsal od prvku až po digitální podnik. Popsal jsem, proč je o digitální dvojčata velký zájem z pohledu firem i zákazníků.

Dále jsem se zaměřil na modely výrobních procesů, jejich popis a možnosti modelování od samostatných zařízení až po celkovou výrobu zahrnující lidský faktor, které jsem doplnil o příklady softwarů k modelování určených a přidal i názorné obrázky z prostředí těchto softwarů. Popsal jsem také poměrně novou technologii rozšířené reality, která se v technické praxi objevuje čím dál více a usnadňuje práci nebo identifikuje chyby.

Na závěr této práce jsem vytvořil návrh vzhledu a funkčnosti modelů, které byly původně vytvořeny ve staré verzi softwaru Wonderware InTouch. Tento program jsem na úvod kapitoly stručně popsal a vysvětlil možnosti zdrojů a zpracování dat doplněné o některé příklady. Vypracoval jsem celkem 6 rekonstrukcí příkladů z webu ze staré verze InTouch 7.0 do nové verze InTouch 10.1. Modely jsem vymodeloval celé znovu s jednotným vizuálním stylem tak, aby při pochopení jednoho modelu bylo jasné ovládání všech ostatních. Opravil jsem chyby a nedostatky těchto modelů, ať už animací nebo funkčnosti těchto modelů. Na úvod každé z rekonstrukcí jsem stručně popsal jejich funkčnost a následně jsem popsal rozdíl mezi starými a novými verzemi. Na závěr každé z rekonstrukcí jsem shrnul v tabulce všechny okna těchto vizualizací a taky všechny jejich proměnné. Poslední z rekonstrukcí byla k reálnému modelu teplovzdušného agregátu. Byl vytvořen návrh vizualizace a funkčnosti, dalším směrem této práce je vytvoření komunikace mezi modelem a touto vizualizací nebo vytvoření modelů k ostatním vizualizacím.

Při porovnání s vizualizačním prostředím v aplikaci ABB Control Builder je InTouch mnohem přívětivější jak z pohledu návrháře, tak z pohledu uživatele. InTouch má bohatší knihovny předdefinovaných prvků a funkcí. To především proto, že software od ABB se zabývá hlavně programováním PLC. Při porovnání mé práce s řešením podobných úloh systémových integrátorů firem Siemens nebo Wonderware vypadají z uživatelského pohledu přehledněji a přívětivěji.

Literatura

- [1] BÍLIK, Petr. Digitální dvojče jako klíčový nástroj Logistiky 4.0. *IT Systems* [online]. CCB, s.r.o, 2019, 20(1-2/2019) [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/digitalni-dvojce-jako-klicovy-nastroj-logistiky-4.0.htm>
- [2] Co je digitální dvojče a proč je užitečné. *Aiworld* [online]. IDG Czech Republic, 2019, 02.02.19 [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://aiworld.cz/digitalizace/co-je-digitalni-dvojce-a-proc-je-uzitecne-232>
- [3] SIEMENS, S.R.O. Digitální dvojče. *Industry fórum* [online]. 2018, 15.01.2018 [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://www.industryforum.cz/digitalni-dvojce>
- [4] LANDRYOVÁ, Lenka, 2018. Simulation Modelling of Integrated Systems in Marine Technology. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 51(11), 490-495 [cit. 2019-12-12]. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.366. ISSN 24058963. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405896318314915>
- [5] SIEMENS, S.R.O. Digitální dvojče zrychlí vaši výrobu. *Technický týdeník* [online]. Business Media CZ, 2018 [cit. 2019-12-04]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/digitalni-dvojce-zrychli-vasi-vyrobu_45094.html
- [6] Digitální dvojče: Vůdčí technologie inteligentního průmyslu. *Vše o průmyslu* [online]. Trade Media International, 2019 [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://www.vseoprumsu.cz/digitalizace/digitalni-prototypovani/digitalni-dvojce-vudci-technologie-inteligentniho-prumyslu.html>
- [7] CEJNAROVÁ, Andrea. Digitální dvojče: virtuální kopie s reálným chováním. *VISIONS* [online]. 2018, 05.11.2018 [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://www.visionsmag.cz/digitalni-dvojce-virtualni-kopie-s-realnym-chovanim>
- [8] Digital Twin. *Igotoffer* [online]. 2017 [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://igotoffer.com/blog/digital-twin>
- [9] VICHEREK, Filip, 2019. *Návrh a realizace řídicí aplikace pro PLC s využitím konceptu digitálního dvojčete* [online]. Ostrava [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/136271>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [10] LACKO, Ľuboslav. Digitální dvojče jako pilíř konceptu Průmyslu 4.0. *CFO world* [online]. IDG Czech Republic, 2019 [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://cfoworld.cz/analyzy/digitalni-dvojce-jako-pilir-4980>

- [11] SIEMENS, S.R.O. *Digitální podnik – buďte o krok napřed!* [online]. [cit. 2019-12-04]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/tematicke-oblasti/digital-enterprise.html>
- [12] DULÁ, Michal, 2019. *Virtuální návrh a testování laboratorního systému s využitím konceptu digitálního dvojčete* [online]. Ostrava [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/136272>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [13] Visual Components. In: *SoliCAD* [online]. Benátky nad Jizerou: solicad.com [cit. 2019-12-17]. Dostupné z: <http://solicad.com/h/visual-components>
- [14] MapleSim. *Czech Software First* [online]. [cit. 2019-12-17]. Dostupné z: <https://www.maplesoft.cz/produkty/maplesim/>
- [15] WASSERMAN, Shawn. Where MapleSim fits in Simulating Product Performance. *Engineering.com* [online]. 14.1.2014 [cit. 2019-12-17]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/PLMERP/ArticleID/6956/Where-MapleSim-fits-in-Simulating-Product-Performance.aspx>
- [16] Maplesoft vydává MapleSim 2019. In: *CAD* [online]. CCB, s.r.o, 2019, 11.6.2019 [cit. 2019-12-17]. ISSN 1802-6168. Dostupné z: <https://www.cad.cz/aktuality/77-aktuality/9643-maplesoft-vydava-maplesim-2019.html>
- [17] MapleSim 2018 s nástroji pro vývoj digitálních dvojčat. In: *CAD* [online]. CCB, 2018, 13.7.2018 [cit. 2019-12-17]. ISSN 1802-6168. Dostupné z: <https://www.cad.cz/aktuality/77-aktuality/8953-maplesoft-vydava-maplesim-verzi-2018.html>
- [18] *CIROS Studio Product Information En* [online]. Scribd [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/349565682/CIROS-Studio-Product-Information-En>
- [19] Ciro Studio. In: *VEROSIM Solutions* [online]. Dortmund [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <https://www.verosim-solutions.com/en/industry/ciros-studio/>
- [20] *CIROS® Studio – Creating virtual learning environments* [online]. Festo [cit. 2019-12-17]. Dostupné z: <https://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/software-e-learning/ciros/ciros-studio-creating-virtual-learning-environments.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC4xMTEwLjgxODY>
- [21] Siemens Tecnomatix Process Simulate. In: *Engineering USA* [online]. [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <https://www.engusa.com/en/product/siemens-tecnomatix-process-simulate>

- [22] WERNER, Roman. Co přinese rozšířená realita do zdravotnictví, výroby a stavebnictví? *IT Systems* [online]. CCB, s.r.o, 2019, 24. 5. 2019, **20**(4/2019) [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: <https://m.systemonline.cz/it-reseni-pro-stavebnictvi/co-prinese-rozsirena-realita-do-vyroby-a-stavebnictvi.htm>
- [23] Rozšířená realita může zčásti nahradit robotizaci. Vyjde levněji. *ICT revue* [online]. Economia, 2018, 6. 12. 2018 [cit. 2020-01-16]. ISSN 1213-7693. Dostupné z: https://ictrevue.ihned.cz/c3-66376810-0ICT00_d-66376810-rozsirena-realita-muze-zcasti-nahradit-robotizaci-vyjde-levneji
- [24] *InTouch (SCADA/HMI)* [online]. Pantek [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: <http://www.pantek.cz/produkty/intouch/>
- [25] HOSTAŠA, Michal. *Interaktivní metody vizualizace dat v systémech supervizního řízení* [online]. Ostrava, 2016 [cit. 2019-10-08]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/115118>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [26] KAPSA, Miroslav. *Grafické zobrazení dat z průmyslových aplikací* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2019-10-08]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/104788>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [27] AVEVA. *I/O Server Redundancy* [online]. In: . 2013 [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: http://www.citect.aveva.com/webhelp/vijeo740/Content/IO_Server_Redundancy.htm
1
- [28] FOXON S.R.O. *CO JE OPC? OPC SERVER? OPC KLIENT?* [online]. Liberec 25, 2013, 7.8.2013 [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: <https://foxon.cz/blog/prakticka-teorie/159-co-je-opc-opc-server-opc-klient>
- [29] PROMOTIC. *Komunikace pomocí standardního rozhraní DDE* [online]. Ostrava - Vítkovice [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/Subsystems/Comm/DDE/DDE.htm>
- [30] *Postup přihlášení do aplikace* [online]. Pantek [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: http://www.pantek.cz/marketing_formular_hotovo2.php?id_produkту=2306&action=kontakt
- [31] Weather forecast. In: *OpenWeather* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://openweathermap.org/city/3067696>
- [32] *InTouch Edge HMI* [online]. Pantek [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: <http://www.pantek.cz/produkty/intouch-edge-hmi/>
- [33] SIGFOX. *Sigfox* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.sigfox.com/en>

- [34] Budoucnost a technologie IoT. In: *DEVELICT Solutions s.r.o.* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <http://www.develict.com/cs/iot>
- [35] Mcf88. *Mcf88* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.mcf88.it/>
- [36] *Integrované softwarové prostředky pro průmyslovou automatizaci* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <http://books.fs.vsb.cz/InTouch/Welcome.htm>
- [37] CZEBE, Jiří. *Nasazení jednočipových počítačů pro sběr dat a řízení* [online]. Ostrava, 2015 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/109555>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [38] PLANDOR, David. *Monitorování a řízení procesů s využitím technologie .NET* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/81163>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

Příloha – skripty vizualizací

Vizualizace tělesa na tlumiči a pružině využívá podmínkový skript na proměnnou Start:

```
cassimulace = cassimulace + 0.1;  
vychylka = (sila / tuhost) * (1 / (omega * T * T)) * ( Exp((-1) * gama * cassimulace) ) *  
Sin(( omega * cassimulace)*180/3.14 );
```

Vizualizace tepelné soustavy využívá podmínkový skript na proměnnou Start:

```
napeti_z=napeti_zpom;  
Cassimulace = Cassimulace + 0.01;  
IF napeti_t < napeti_z + hyst/2 AND zarovka == 1 THEN  
napeti_t = pomoc + (napeti_z * 1.2) * (1 - Exp( - Cassimulace/2));  
pomoc = napeti_t;  
ENDIF;  
IF napeti_t >= napeti_z + hyst/2 OR zarovka == 0 THEN  
IF zarovka == 1 THEN  
zarovka = 0;  
Cassimulace = 0;ENDIF;  
napeti_t = pomoc - ( napeti_z ) * (1 - Exp( - Cassimulace/2));  
pomoc = napeti_t;  
ENDIF;  
IF napeti_t <= napeti_z - hyst/2 AND zarovka == 0 THEN  
napeti_t = pomoc + (napeti_z * 1.2) * (1 - Exp( - Cassimulace/2));  
IF zarovka == 0 THEN  
zarovka = 1;  
Cassimulace = 0; ENDIF;  
pomoc = napeti_t;  
ENDIF;
```

Vizualizace kyvadlového pohybu využívá podmínkový skript na proměnnou Start:

```
Uhel = Poc_uhel * Cos(Sqrt(9.81/(Delka_kyv/100)) * Cas * (180/(2*3.14))) * Exp((-1) *  
Tlumeni * Cas);  
Cas = Cas + 0.1;  
IF Uhel > 90 THEN  
Uhel = 90;
```

```
ENDIF;  
IF Uhel <-90 THEN  
Uhel =-90;  
ENDIF;
```

Vizualizace plnění nádrže využívá aplikační skript:

```
IF ((ventil == 1) AND (cerpadlo == 0)) THEN  
hladina = hladina + (přítok/100);  
ELSE  
IF ((ventil == 0) AND (cerpadlo== 1)) THEN  
hladina = hladina + ( 0 - výtok/100);  
ELSE  
IF ((ventil == 1) AND (cerpadlo == 1)) THEN  
hladina = hladina + ( přítok/100 - výtok/100);  
ENDIF;  
ENDIF;  
ENDIF;
```

Vizualizace hromadění materiálu na skládce využívá aplikační skript:

```
IF vysyp == 1 THEN  
plnost = plnost+hmotdov;  
prazdne = 1;  
aut_dovoz=aut_dovoz+1;  
dovoz = 0;  
ENDIF;  
vysyp = 0;  
IF dovoz == 1 THEN  
posund = posund + 5;  
ENDIF;  
IF dovoz == 0 THEN  
posund = 0;  
ENDIF;  
IF posund == 100 THEN  
vysyp = 1;  
ENDIF;  
IF odvoz == 1 THEN
```

```

posuno = posuno + 5;
ENDIF;
IF posuno == 100 THEN
odvoz = 0;
ENDIF;

```

Vizualizace teplovzdušného agregátu využívá podmínkový skript na proměnnou Start While true a On true pro řízení napětí na žárovce a ventilátoru při stisknutí tlačítka Start.

Podmínkový skript na podmínku On true:

```

IF pomvstav <= 2 THEN
vtpoc = $Time / 1000;
ENDIF;
IF pomvstav==3 THEN
vtpoc = ($Time / 1000) - vper / 4;
vsep = 4* va / vper;
ENDIF;
IF zpomvstav <= 2 THEN
ztpoc = $Time / 1000;
ENDIF;
IF zpomvstav==3 THEN
ztpoc = ($Time / 1000) - zper / 4;
zsep = 4* za / zper;
ENDIF;

```

Podmínkový skript na podmínku While true:

```

IF pomvstav==1 THEN
pomocna = vofset+va*Sin(((6.28318/vper)*(($Time/1000)-vtpoc))*57.29578);
IF pomocna>10 THEN pomocna = 10; ENDIF;
IF pomocna<0 THEN pomocna = 0; ENDIF;
ventilator = pomocna;
ENDIF;
IF pomvstav==2 THEN
vt = ($Time /1000) - vtpoc;
IF (vt >vper) THEN vtpoc = vtpoc + vper;vt = ($Time /1000) - vtpoc;ENDIF;
IF (vt <= vsep) THEN ventilator = va;

```



```

ELSE
ventilator=vofset;
ENDIF;
ENDIF;
IF pomvstav==3 THEN
vt = ($Time / 1000) - vtpoc;
IF (vt > vper) THEN vtpoc = vtpoc + vper; vt = ($Time / 1000) - vtpoc; ENDIF;
IF (vt< vper/2) THEN
pomocna = vofset - va + vsep* vt;
ELSE
pomocna = vofset + va - vsep* (vt - vper/2);
ENDIF;
IF pomocna > 10 THEN pomocna = 10; ENDIF;
IF pomocna < 0 THEN pomocna = 0; ENDIF;
ventilator = pomocna;
ENDIF;
IF zpomvstav==1 THEN
zpomocna = zofset + za*Sin(((6.28318/zper)*(($Time/1000) - ztpoc))*57.29578);
IF zpomocna>10 THEN zpomocna = 10; ENDIF;
IF zpomocna<0 THEN zpomocna = 0; ENDIF;
zarovka = zpomocna;
ENDIF;
IF zpomvstav==2 THEN
zt = ($Time /1000) - ztpoc;
IF (zt >zper) THEN ztpoc = ztpoc + zper;zt = ($Time /1000) - ztpoc;ENDIF;
IF (zt <= zsep) THEN zarovka = za;
ELSE zarovka = zofset;
ENDIF;
ENDIF;
IF zpomvstav==3 THEN
zt = ($Time / 1000) - ztpoc;
IF (zt > zper) THEN ztpoc = ztpoc + zper; zt = ($Time / 1000) - ztpoc; ENDIF;
IF (zt< zper/2) THEN
zpomocna = zofset - za + zsep* zt;
ELSE

```

```

zpomocna = zofset + za - zsep* (zt - zper/2);
ENDIF;
IF zpomocna > 10 THEN zpomocna = 10; ENDIF;
IF zpomocna < 0 THEN zpomocna = 0; ENDIF;
zarovka = zpomocna;
ENDIF;
IF pomvstav==0 THEN
ventilator=pomocna;
ENDIF;
IF zpomvstav == 0 THEN
zarovka=zpomocna;
ENDIF;
IF (zpomvstav >10) AND (zpomvstav < 20) THEN
zt=$Time / 1000;
IF zpomvstav == 11 THEN zy = T1;ENDIF;
IF zpomvstav == 12 THEN zy = T2;ENDIF;
IF zpomvstav == 13 THEN zy = T3;ENDIF;
IF Sgn(zofset) <> Sgn (zy) THEN
zpi=zpi+0.25*(zt - ztpoc)*(Sgn(zofset)*zofset + Sgn(zy)*zy);
ELSE
zpi=zpi+0.5*(zy+zofset)*(zt - ztpoc);
ENDIF;
zpomocna = zsep*(1+za*((zy - zofset)/(zt - ztpoc)))+(1/zper)*zpi)*(zpoz - zy);
IF zpomocna > 10 THEN zpomocna = 10;ENDIF;
IF zpomocna < 0 THEN zpomocna = 0;ENDIF;
zarovka = zpomocna;
zofset=zy;
ztpoc=zt;
ENDIF;
A pro regulaci na termistorech je pro každý termistor vložen jeden Data change skript:
IF (termistor==1) AND (zpomvstav==21) THEN
IF zsep == 0 THEN
IF T1>ztpoc THEN zsep = -1; ELSE zsep = 1; ENDIF;
ENDIF;
IF (T1>ztpoc) AND (zsep>0) AND (zarovka<>za) THEN zarovka= za; ENDIF;

```

```
IF (T1<zt) AND (zsep<0) AND (zarovka<>zofset) THEN zarovka = zofset; ENDIF;  
IF (T1<ztpoc) THEN zsep =1; zarovka=za; ENDIF;  
IF (T1>zt) THEN zsep=-1;zarovka=zofset; ENDIF;  
ENDIF;
```